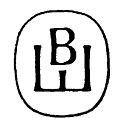
М. И. ЕРОШЕВСКИЙ

ТЕХНОЛОГИЯ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебника
для студентов
высших учебных заведений,
обучающихся по специальности
«Городское строительство»



МОСКВА
«ВЫСШАЯ ШКОЛА»
1985

ББК 38.6
Е78
УДК 624.9

Рецензент —
кафедра технологии строительного производства
Киевского инженерно-строительного института
(зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. Ю. И. Беляков)

Ерошевский М. И.

Е78 Технология городского строительства. Учебник для строительных вузов по спец. «Городское строительство». 2-е изд. перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 1985.— 488 с., ил.

В пер.: 1 р. 60 к.

В учебнике излагается технология строительства гражданских зданий и городских инженерных сооружений (транспортных пересечений в разных уровнях, подземных пешеходных переходов, гаражей, коллекторов и др.). Во 2-м издании (1-е — 1974 г.) особое внимание уделено строительству инженерных сооружений в стесненных условиях городских улиц при наличии непрекращающегося движения транспорта и пешеходов. Рассмотрены основные направления научно-технического прогресса в области механизации и технологии строительства гражданских зданий.

Е $\frac{3204000000—479}{001(01)—85}$ КБ—16—31—85

ББК 38.6
6С

Михаил Иванович Ерошевский

Технология городского строительства

Зав. редакцией Б. А. Ягупов. Редактор Н. Н. Попова. Мл. редакторы Ю. П. Кочергина, Е. В. Лебедева. Художественный редактор В. П. Бабикова. Художник С. А. Аладьева. Технический редактор Т. А. Новикова. Корректор Г. А. Чечеткина

ИБ № 4005

Изд. № Стр-421. Сдано в набор 30.01.84. Подп. в печать 13.11.85. Т-19704. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типогр. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 30,5 усл. печ. л. 30,5 усл. кр.-отт. 34,57 уч.-изд. л. Тираж 9000 экз. Зак. 778. Цена 1 р. 60 к.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.
Белоцерковская книжная фабрика, 256400, Белая Церковь, Карла Маркса, 4.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник «Технология городского строительства» предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 1206 «Городское строительство». На градостроительных факультетах подготовка инженеров-строителей осуществляется по двум специализациям: «Городской транспорт и пути сообщения» и «Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий». Для студентов первой специализации приводится наиболее прогрессивная технология строительства транспортных пересечений в разных уровнях (тоннельного, эстакадного типа), подземных пешеходных переходов, коллекторов, подземных гаражей, подпорных стенок и других сооружений, связанных с освоением подземного пространства. При этом учитывается специфика их возведения в стесненных условиях сложившихся городов при непрерывном движении транспорта, пешеходов и при наличии действующих всех видов подземных коммуникаций. С учетом этих особенностей разработана методика выбора наиболее эффективных способов строительства дорожно-транспортных сооружений. Для студентов второй специализации излагаются вопросы инженерной подготовки территории под застройку со строительством городских зданий: панельных, каркасно-панельных, блочных, объёмно-блочных, пневматических сооружений, зданий, возводимых способом подъема этажей и перекрытий, а также строительство спортивных сооружений.

Все виды работ изучаются на примерах строительства городских зданий и сооружений с применением прогрессивной технологии, высокого уровня механизации и автоматизации строительных процессов.

Автор выражает глубокую благодарность коллективу кафедры «Технология строительного производства» Киевского инженерно-строительного института (зав. кафедрой проф., д-р. техн. наук Ю. И. Беляков) за ряд ценных замечаний, сделанных при рецензировании учебника.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года записано: «Улучшить жилищные и культурно-бытовые условия жизни населения, добиться в основном обеспечения каждой семьи отдельной квартирой, развивать коммунальное хозяйство и транспорт, благоустройство городов и сел».

На ноябрьском (1982 г.) и июньском (1983 г.) Пленумах ЦК КПСС было указано на необходимость совершенствования производственных отношений и экономного расходования денежных и материальных ресурсов. Это указание ставит новые большие задачи в деле совершенствования проектного и сметного дела, улучшения планирования капитальных вложений в строительстве и возведения в срок промышленных комплексов и предприятий.

В XII пятилетке предстоит построить большое количество жилых домов, объектов культурно-бытового назначения, дорог и мостов. Для успешного решения поставленных задач намечается развитие и совершенствование производственной базы строительства предприятий строительной индустрии. Министерствам и ведомствам поручено нарастить мощности по выпуску крупнопанельных и крупноблочных жилых домов, объектов культурно-бытового назначения, а также деталей для возведения инженерных сооружений. Особое внимание уделено выпуску эффективных строительных материалов, новых видов строительной техники, инструмента, обеспечивающих комплексную механизацию строительно-монтажных работ и рост производительности труда. Для выполнения этой программы необходимо: наращивать производственный потенциал страны на новой технической основе; повысить производительность труда в строительстве на 15...17 %; добиваться эффективного использования капитальных вложений, направляя их на важнейшие стройки и в первую очередь на реконструкцию и техническое перевооружение предприятий, а также на завершение ранее начатых строек; ограничить количество одновременно сооружаемых объектов, равномерно и комплексно сдавая их в эксплуатацию в течение года; сократить срок и стоимость строительства, не допуская сверхнормативного объема незавершенного производства; улучшить качество строительно-монтажных работ на основе дальнейшей индустриализации строительного производства, повышения степени заводской готовности конструкций и деталей, а также повышения квалификации и дисциплины рабочих; улучшить проектно-сметное дело, используя достижения научно-технического прогресса; осуществлять строительство по наиболее прогрессивным проектам с использованием высокопроизводительной технологии и организации строительства; совершенствовать подрядный и хозяйственный способы ведения работ; значительно сократить затраты ручного труда, применяя наиболее производительные машины, механизмы и средства малой механизации; рационально использовать земли при строительстве и выполнять мероприятия по охране окружающей среды.

Добиться повышения производительности труда и качества изготовляемых изделий возможно при высоком уровне механизации и автоматизации технологических процессов. Наиболее рационально эта задача решается на домостроительных комбинатах, которые объединяют в едином комплексе изготовление унифицированных конструкций и деталей по единому каталогу, их транспортировку к месту строительства и монтаж зданий по часовым графикам.

Для осуществления единой технической политики и лучшей увязки между различными звеньями в системе создания экономичной строительной продукции в Москве, например, создано проектно-строительное объединение, в сферу деятельности которого входят проектирование, изготовление сборных конструкций, их

транспортировка и возведение зданий с полной готовностью. На примере строительства экспериментального микрорайона Чертаново-Северное в Москве это объединение проверяет наиболее прогрессивные планировочные, конструктивные, технологические и организационные решения по созданию лучших градостроительных принципов для труда и отдыха трудящихся.

За последние годы больших успехов добились советские градостроители. Высокую оценку ЦК КПСС и СМ СССР получили олимпийские объекты и некоторые жилые кварталы в Москве, возрожденные после Великой Отечественной войны исторические памятники прошлого и новые архитектурные ансамбли Ленинграда, новостройки Алма-Аты, Вильнюса, Навои и других городов. И вместе с тем, градостроительство в целом нуждается в большей художественной выразительности и разнообразии.

В деле снижения сроков и стоимости строительства большая роль принадлежит трудовым коллективам и таким новым направлениям, как бригадный подряд (метод Н. А. Злобина), орловская «непрерывка», пятилетнее задание бригады — меньшим составом (почин свердловских строителей) и др.

Закон о трудовых коллективах, принятый в 1983 г., значительно расширяет их права в управлении производством и в решении вопросов социального развития.

Важной проблемой в больших городах является создание наиболее удобных и благоприятных условий для эксплуатации городского транспорта и его хранения. С этой задачей тесно связаны такие проблемы, как повышение скорости сообщения и безопасности движения городского транспорта, экономия времени пассажирами при поездках по городу, экономия горючего, охрана окружающей среды с уменьшением шума и загазованности воздушного бассейна.

Наряду с применением целого ряда других градостроительных приемов в решении поставленных проблем немаловажная роль принадлежит строительству магистралей непрерывного и скоростного движения в городах.

Отсутствие свободных территорий в сложившихся городах для строительства скоростных магистралей, наземных гаражей, автостоянок, автобусных и троллейбусных парков, ремонтных мастерских, автовокзалов и других видов зданий культурно-бытового назначения требует освоения подземного пространства. Решение этой проблемы связано с применением новой технологии в организации строительства подземных сооружений и, в частности, применения способа «стена в грунте».

Для уменьшения срока и стоимости строительства городских инженерных сооружений необходима новая методика, позволяющая найти оптимальное решение поставленной задачи. Эффективность строительства, например, транспортных пересечений в разных уровнях определяется не только их сметной стоимостью, но и теми непроизводительными затратами, которые возникают при неправильной организации движения городского транспорта. Поэтому для сопоставления различных вариантов строительства транспортных пересечений необходимы такие критерии экономической оценки, которые учитывали бы специфику сложившихся городов: стесненные условия строительства, наличие непрекращающегося движения транспорта и пешеходов, большое количество различных видов действующих подземных коммуникаций.

Решению градостроительных проблем наша Партия и Правительство уделяют большое внимание. В ряде больших городов Советского Союза построены транспортные пересечения в разных уровнях, подземные пешеходные переходы, подземные коллекторы, подземные гаражи, площади с кольцевым движением транспорта, а также магистрали непрерывного и скоростного движения.

В соответствии с первым Генеральным планом реконструкции и развития Москвы (1935), а также последующим Генеральным планом (1971) в Москве, например, построен метрополитен протяженностью 194,0 км (по состоянию на 1 июля 1983 г.), а к 2000 г. она увеличится до 320 км. Ряд узких улиц были расширены, выпрямлены (с передвижкой зданий) и превращены в общегородские магистрали. Вокруг Москвы построена Московская кольцевая дорога непрерывного движения протяженностью 109 км, на которой возведено 57 путепроводов, 5 средних и 3 больших моста. На Садовом кольце построено 9 транспортных пересечений в разных уровнях, 19 подземных пешеходных переходов. По окончании строительства остальных 12 пересечений Садовое кольцо будет превращено в

магистраль непрерывного движения. Всего в Москве построено 105 мостов, 133 путепровода, 6 эстакад, 15 транспортных тоннелей и 251 подземный пешеходный переход.

Увеличение численности населения Москвы (более 8 млн. человек с пригородами) и повышение его материального благосостояния приводят к значительному увеличению количества всех видов городского транспорта. Если в 1973 г. в Москве насчитывалось 115 тыс. легковых автомобилей, принадлежащих индивидуальным владельцам, в 1974 г. — 160 тыс., то к концу 1980 г. общий парк легковых автомобилей составил 600 тыс., а в перспективе (к 2000 г.) он составит более 1 млн. машин.

Такой бурный рост городского транспорта требует принятия соответствующих мер по созданию безопасных и благоприятных условий его эксплуатации.

Капитальное строительство является одной из материалоемких отраслей народного хозяйства и на него ежегодно расходуется около 25 % производимого металлопроката, 20 % деловой древесины, 80 % цемента, 90 % мягкой кровли, почти 50 % оконного стекла, многие миллионы кубометров нерудных материалов (песка, щебня, гравия). Если в капитальном строительстве сэкономить только 1 % металла, то из него можно изготовить железобетонные конструкции для панельных домов с полезной площадью более 3 млн. $м^2$. Из 1 % сэкономленного цемента можно произвести 4 млн. $м^3$ бетонных и железобетонных конструкций, а 1 % сэкономленного кирпича позволяет возвести около 1 млн. $м^3$ кирпичной кладки.

Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1.1. Строительная продукция

Технология городского строительства изучает закономерности между всеми видами работ и процессами, которые необходимо выполнять в определенной технологической последовательности, с тем чтобы получить в минимальный срок качественную и экономичную строительную продукцию.

Строительной продукцией в градостроительстве называют законченные и принятые к эксплуатации здания, различные инженерные сооружения и подземные коммуникации. В зависимости от назначения возводимых зданий и сооружений строительную продукцию можно разделить на следующие группы: жилые дома; здания культурно-бытового и административного назначения; объекты здравоохранения, торговли и транспорта; спортивные и дорожно-транспортные сооружения; элементы благоустройства города.

Капитальное строительство в Советском Союзе осуществляется строительной промышленностью, которая обеспечивает объекты строительными материалами, деталями, конструкциями, а также выполняет монтажные и другие работы, связанные со сдачей в эксплуатацию зданий и сооружений. Строительство любого здания или сооружения должно выполняться в кратчайшие сроки с минимальными затратами и высоким качеством всех видов работ. Это возможно при максимальной индустриализации строительства, т. е. при широком применении сборных конструкций и деталей заводского изготовления, комплексной механизации и автоматизации строительных процессов с использованием передовых методов строительства.

Комплексная механизация позволяет выполнять все технологические процессы при изготовлении законченной продукции или отдельных видов работ с помощью набора комплекта машин и механизмов. Так, при строительстве городской транспортной магистрали земляные работы выполняют с помощью скрепера или экскаватора; планировку грунта производят бульдозером; земляное корыто профилируют грейдером; на участках насыпи грунт уплотняют различными катками; для устройства основания автосамосвалами завозят песок, который планируют и уплотняют; затем бетоноукладочный агрегат принимает, укладывает и разравнивает бетон для

получения нужной толщины слоя по ширине проезжей части и уплотняет его; по окончании выдержки бетона производится нарезка швов сжатия и расширения (при бетонном покрытии) или укладка асфальтобетонной смеси.

1.2. Организация труда рабочих

В зависимости от вида выполняемых работ необходимы рабочие различных профессий. В городском строительстве — это монтажники, каменщики, бетонщики, арматурщики, плотники, изолировщики, плиточники, штукатуры, кровельщики, стекольщики, маляры, асфальтировщики, машинисты по управлению различными строительными машинами и т. д. Некоторые профессии подразделяются на специальности.

В комплексных и хозрасчетных бригадах рабочие имеют несколько профессий. Например, бетонщики овладевают профессией арматурщика или плотника, монтажники — профессией бетонщика или сварщика. Освоение двух или даже трех профессий позволяет повысить производительность труда за счет ритмичной работы, взаимной помощи и равномерной загрузки всех членов бригады в течение смены.

В связи с бурным развитием науки и техники в области строительства, что обусловило появление новых конструкций, материалов, машин, различных приспособлений, а также прогрессивной технологии всех видов работ с применением научной организации труда, возникает необходимость в высококвалифицированных кадрах строителей.

Основой правильной организации труда рабочих в строительном производстве является рациональное расчленение процессов и операций, выполняемых в строгой последовательности.

Для равномерного ввода в эксплуатацию зданий или сооружений в течение всего года строительство должно вестись по наиболее совершенной технологии с максимальным использованием механизмов и рабочих кадров. Научная организация труда на строительном объекте предусматривает рациональное использование рабочего времени для повышения производительности труда и качества продукции с соблюдением безопасных условий работ.

При строительстве зданий и сооружений выполняются **основные, подготовительные** и **вспомогательные** работы. К основным (общестроительным) работам относятся земляные, буровые, взрывные, свайные, монтажные, каменные, бетонные, железобетонные, плотничные, кровельные, облицовочные, стекольные, штукатурные, малярные, устройство полов и др. Подготовительные и вспомогательные работы рассмотрены в 3.2.

Строительный (рабочий) **процесс** состоит из комплекса технологических операций, выполняемых рабочими для создания законченного конструктивного элемента здания или сооружения (фундамент, опора, стена, пролетное строение эстакады и т. д.). В зависимости от способа и сложности работ технологические про-

цессы делят на *механизированные* и *ручные,* а по составу — на *простые* и *сложные.* Простой рабочий процесс состоит из небольшого количества однообразных операций, выполняемых одним рабочим или звеном (разработка, планировка и уплотнение грунта и др.). Сложный процесс представляет собой совокупность рабочих процессов, технологически связанных между собой и выполняемых рабочими одной и той же специальности.

Труд рабочих должен быть организован так, чтобы сложные процессы выполнялись рабочими высшей квалификации, а простые — рабочими низшей квалификации. Этим целям лучшим образом удовлетворяет звеньевая организация труда. В звено входят рабочие одной специальности, но разной квалификации. В зависимости от вида и сложности выполняемых работ звено состоит из 2...5 человек, а иногда и больше. Для лучшей организации труда отдельные звенья объединяются в бригады. Если звенья, входящие в бригаду, выполняют однородные работы (земляные, плотничные, каменные), то это специализированная бригада. В ней может быть 18...24 рабочих одной профессии. При выполнении общестроительных работ целесообразно создать комплексные бригады, в которые входят звенья рабочих разных профессий (плотники, арматурщики, бетонщики, монтажники, изолировщики и др.). В этом случае все звенья подчиняются одному бригадиру и, работая в общем потоке, каждое последующее звено готовит фронт работ предыдущему. Количество рабочих в комплексной бригаде в зависимости от объема и трудоемкости строительных работ составляет 30...40 человек и более. Комплексная бригада, производящая готовую продукцию, называется бригадой конечной продукции. В ее состав может входить 40...50 человек. Прогрессивной формой организации труда рабочих является бригадный подряд (см. 1.7).

1.3. Рабочее место, фронт работ и захватка

Рабочим местом в строительном производстве называют пространство, в пределах которого располагается возводимая конструкция, рабочий со своим инструментом (механизмом) и необходимый материал. На рабочем месте должны быть созданы безопасные и благоприятные условия, при которых рабочий смог бы достичь максимальной производительности труда. Положение рабочего должно быть наилучшим относительно уровня и места, где он выполняет работу (ведет кладку стен, выполняет облицовочные, изоляционные, малярные и другие работы).

При строительстве зданий и сооружений рабочее место (в большинстве случаев) является переменным по отношению к возводимым элементам здания. При монтаже, например, блоков подпорной стенки подземного коллектора или плит проезжей части улицы рабочее место непрерывно перемещается вдоль возводимого сооружения. Это обстоятельство осложняет строительный процесс на объектах и поэтому требует особой четкости в организации работ.

Фронтом работ называют участок, отводимый бригаде для вы-

полнения сменного задания с учетом возможного перевыполнения норм. **Делянка** — это участок, отводимый звену для выполнения сменного задания. Сумма делянок равна фронту работ. **Захватками** называют участки с одинаковыми объемами работ, на которых смежные процессы выполняют в одно и то же время. В зависимости от формы и протяженности здания или сооружения количество захваток может быть две и более. Если, к примеру, ведут кирпичную кладку стен четырехсекционного жилого дома, то здание в плане разбивают на две захватки (по две секции). При неизменном составе бригады захватки должны быть равны между собой по трудоемкости для каждой бригады. Если на первой захватке ведут кирпичную кладку, то одновременно (на этой же захватке) нельзя устанавливать подмости для кладки следующего яруса, монтировать перегородки и т. д. Эти работы параллельно с кирпичной кладкой можно выполнять лишь на следующей захватке в определенной технологической последовательности.

Для создания законченной строительной продукции рабочему необходимо иметь предметы и орудия труда. К **предметам труда** относят все виды строительных материалов, детали и конструкции. К **орудиям труда** — все виды строительных машин, приспособления, механизированные и ручные инструменты.

1.4. Нормирование и производительность труда

Норму времени определяют на основании передового опыта и применения научных методов технического нормирования всех операций и движений, которые совершает рабочий. На основании технического нормирования устанавливают норму расхода времени и норму выработки.

Нормой времени $Н_{вр}$ (чел-ч или чел-смен) называют количество рабочего времени, которое необходимо затратить рабочему или звену рабочих соответствующей специальности и квалификации на производство единицы качественной продукции. Если технологический процесс выполняют с помощью машины, то норму машинного времени определяют необходимым количеством маш-ч (маш-смен) для производства единицы качественной продукции при правильной организации работ, обеспечивающей рациональное использование машины.

Нормой выработки $Н_{выр}$ называют количество качественной продукции, которое должен выработать рабочий или звено рабочих в единицу времени при правильной организации труда. При выполнении технологического процесса с помощью машины норму ее вывыработки (производительность) определяют количеством доброкачественной продукции, выполняемой в единицу времени при хорошей организации работ.

Норма времени и норма выработки взаимно обратные величины: $Н_{вр}=1/Н_{выр}$.

На все виды технологических процессов, выполняемых при строительстве зданий и сооружений, имеются производственные

нормы, изданные Госстроем СССР в виде специальных сборников под названием «Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы» (ЕНиР). Каждый сборник охватывает определенный вид работ. Всего сборников 40. Основные виды работ (железобетонные, бетонные, земляные, отделочные), в свою очередь, подразделяются по выпускам. На специальные работы, которые не вошли в сборники ЕНиР, могут быть разработаны ведомственные нормы и расценки (ВНиР), утвержденные соответствующими министерствами и ведомствами по согласованию с Советом или ЦК профсоюза с обязательной регистрацией в Госстрое СССР. Если какие-либо строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы не охвачены сборниками ЕНиР и ВНиР, то на них на основании технического нормирования составляются местные нормы и расценки, утвержденные руководителем данной строительной организации после согласования их с Комитетом профсоюза.

Производительность труда $П_т$ (%) в строительстве характеризуют уровнем выполнения норм выработки или норм времени. Производительность труда может быть найдена по общей фактической выработке или общему фактически затраченному времени в сравнении их с общей нормативной выработкой и общим нормативным временем

$$П_т = (Н_{выр.ф}/Н_{выр})100 \text{ и } П_т = (Н_{вр}/Н_{вр.ф})100,$$

где $Н_{выр.ф}$ — выработка фактическая; $Н_{выр}$ — норма выработки (по ЕНиР); $Н_{вр}$ — норма времени (по ЕНиР); $Н_{вр.ф}$ — время фактическое.

Общее количество времени, необходимое для выполнения заданного объема работ, называют трудоемкостью (чел·дн)

$$Т = Н_{вр}Q,$$

где Q — объем выполняемых работ.

Тарифное нормирование устанавливает уровень оплаты труда, что фиксируется соответствующей тарифной сеткой. В тарифной сетке предусматривают тарифную ставку, т. е. часовую оплату труда рабочего в соответствии с его разрядом. Разряд характеризует уровень квалификации рабочего и степень сложности выполняемой работы. Соотношения между часовой оплатой по разрядам выражают тарифными коэффициентами, которые показывают, во сколько раз часовая (или сменная) ставка рабочего последующего разряда больше часовой (или сменной) ставки рабочего первого разряда.

В соответствии с постановлением ЦК КПСС, Совета Министров СССР и ВЦСПС от 29 декабря 1968 г. «О повышении заработной платы среднеоплачиваемым категориям работников, занятых в строительстве, на ремонтно-строительных работах и на предприятиях промышленности строительных материалах», приняты часовые тарифные ставки при семичасовом рабочем дне (табл. 1.1).

Таблица 1.1. **Тарифные ставки и тарифные коэффициенты в зависимости от разряда рабочего**

Наименование	Разряды					
	1	2	3	4	5	6
Часовые тарифные ставки, коп.	43,8	49,3	55,5	62,5	70,2	79,0
Сменные тарифные ставки, руб.	3,066	3,451	3,885	4,375	4,914	5,53
Тарифные коэффициенты	1	1,125	1,267	1,427	1,602	1,803

При выполнении тяжелых работ и во вредных условиях, а также при выполнении особо тяжелых работ и в особо вредных условиях указанные тарифные ставки повышаются в соответствии с перечнем работ и профессий рабочих, утвержденным Госкомтрудом СССР и ВЦСПС по представлению Госстроя СССР.

Размер заработной платы рабочих определяют на основании наряда (задания), в котором указывают объем выполняемой работы, расценку за единицу продукции, а также нормативные и фактические трудозатраты. Расценку за единицу продукции P получают путем умножения часовой тарифной ставки $m_{ч.с.}$ рабочего на соответствующую норму времени $H_{вр}$

$$P = m_{ч.с} H_{вр}.$$

Заработную плату $З_р$ распределяют между рабочими звена (бригады) с учетом их разряда, т. е. пропорционально тарифным коэффициентам:

$$З_р = З_{зв} k_т / \sum k_т,$$

где $З_{зв}$ — заработная плата звена (бригады) за выполненный объем работ; $k_т$ — тарифный коэффициент рабочего звена (бригады) зарплату которого определяют; $\sum k_т$ — сумма тарифных коэффициентов всех рабочих звена (бригады).

Квалификацию и разряд рабочего определяют в соответствии с Тарифно-квалификационным справочником (ТКС). В нем содержится перечень всех профессий и специальностей, а также дается описание сложности работы, которую должен качественно в нормативное время выполнить рабочий определенной квалификации. Для получения соответствующего разряда рабочий данной профессии проходит испытания. Для этой цели создается комиссия, в которую входят: производитель работ, мастер, бригадир, представитель комитета профсоюза и один-два рабочих той же профессии. Сначала комиссия проверяет теоретические знания рабочего (в соответствии с ТКС), а затем степень его мастерства. По результатам испытаний руководитель строительной организации издает приказ о присвоении рабочему разряда. Эти данные заносятся в трудовую и расчетную книжки рабочего и служат основанием для определения его заработной платы в бригаде.

1.5. Формы оплаты труда рабочих

В строительстве применяют две основные формы оплаты труда рабочих: сдельную и аккордную. Разновидностями этих форм являются сдельно-премиальная, аккордно-премиальная и повременно-премиальная. Кроме того, используют премиальную систему с доплатой за качество выполненных работ, за сокращение срока строительства и экономию материалов.

При **сдельной** оплате труда заработная плата рабочего прямо пропорциональна объему выполненных работ. В строительстве наибольшее распространение получили **сдельно-премиальная** и **аккордно-премиальная** формы оплаты труда, так как они способствуют повышению производительности труда и качества выполняемых работ. В условиях современного механизированного производства увеличить выработку при хорошем качестве возможно лишь при непрерывном пополнении своих знаний.

Большое значение в деле совершенствования управления народным хозяйством имеет постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 28 мая 1969 г. «О совершенствовании планирования капитального строительства и об усилении экономического стимулирования строительного производства». Новая система планирования и экономического стимулирования предусматривает усиление экономических методов руководства, хозяйственного расчета, повышение материальной заинтересованности рабочих и инженерно-технических работников, сочетание централизованного планового руководства с развитием хозяйственной инициативы и самостоятельности предприятий.

Строительно-монтажные организации, работающие по новой системе планирования, имеют три фонда экономического стимулирования: фонд материального поощрения, фонд социально-культурных мероприятий и жилищного строительства, фонд развития производства.

Фонд материального поощрения, образуемый за счет отчисления от прибылей, расходуют: на премирование работников по показателям, установленным руководителями строительно-монтажной организации по согласованию с комитетом профсоюза в соответствии с Типовым положением о премировании работников строительно-монтажных организаций, утвержденным Госкомтрудом СССР, Госстроем СССР и ВЦСПС; на единовременное поощрение работников, отличившихся при выполнении особо важных производственных заданий; на выплату вознаграждений работникам за общие результаты работы строительно-монтажной организации по итогам за год; на выплату премий коллективам и отдельным работникам — победителям в социалистическом соревновании между подразделениями строительно-монтажной организации; на оказание единовременной материальной помощи работникам.

Рабочим, служащим и инженерно-техническим работникам размер премий определяют дифференцированно. Более высокие премии устанавливают для работников тех участков, от которых в

первую очередь зависит своевременный ввод объектов в действие; особенно высокое качество выполнения работ; при освоении новых мощных и сложных строительных машин и механизмов; достижение более высокого темпа роста производства или уровня производительности труда.

В соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему улучшению подготовки квалифицированных кадров и закреплению их в строительстве» Госстрой СССР, Госкомтруд СССР совместно с ВЦСПС разработали (13 июля 1979 г.) Положение об аккордной оплате труда в строительстве. В дальнейшем эта форма оплаты труда будет основной, так как она способствует созданию наиболее благоприятных условий для высокопроизводительного труда, сокращения срока и стоимости строительства.

Аккордную систему оплаты труда применяют при определении зарплаты в бригаде конечной продукции. В этом случае расчет с бригадой производят не по сдельным расценкам за отдельные виды выполненных работ, а по укрупненной (аккордной) расценке за комплекс выполненных работ по какой-то части здания или в целом по объекту. Например, наряд может быть выдан бригаде на монтаж типового этажа жилого дома; всего или какой-либо части подземного коллектора, а также законченной городской дороги; на выполнение отделочных работ в жилом доме и т. д. Аккордную расценку определяют на основании калькуляции, включающей расценки всего комплекса выполняемых работ.

Повременную оплату производят по фактически затраченному времени за выполненную работу. В этом случае зарплату рабочего определяют как произведение количества времени на часовую тарифную ставку, определяемую в соответствии с разрядом рабочего. Такую форму оплаты применяют в тех случаях, когда работу невозможно нормировать и установить расценку за единицу выполняемой продукции (например, работа дежурного электромонтера при выполнении бетонных работ в зимнее время с помощью электропрогрева, работа дежурного слесаря по обслуживанию системы водопонижения и т. д.).

Повременно-премиальную оплату труда производят за фактически проработанное время, но при условии, что обслуживаемый рабочими-повременщиками участок работы выполнил месячный или квартальный план.

Если строительство ведется в тяжелых природно-климатических условиях, то при определении размера заработной платы применяют районные коэффициенты (1,1...2). При выполнении работ в пустынных и безводных местностях, а также в высокогорных районах эти коэффициенты дополнительно повышаются на 10...40 %.

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР (от 30 июня 1981 г.) «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов» обращается особое внимание на повышение эффективности и интенсификации экономики, чтобы результаты об-

щественного производства росли быстрее, чем затраты на него, чтобы при меньших ресурсах добиваться бóльшего эффекта. Для решения поставленной задачи необходимо повысить заинтересованность рабочих, руководящих инженерно-технических работников и служащих. С этой целью устанавливается зависимость фондов экономического стимулирования министерств и ведомств, объединений, предприятий и организаций от уровня материальных затрат на рубль продукции (работ); начиная с 1982 г. расширяется премирование рабочих, мастеров, технологов, конструкторов и других инженерно-технических работников за экономию конкретных видов материальных ресурсов против установленных технически обоснованных (среднепрогрессивных) норм расхода. Предусматривается выплата премий в размере до 75 % суммы экономии материальных ресурсов в зависимости от их ввода, стоимости и дефицитности; начиная с 1983 г. вводится премирование руководящих работников и служащих производственных объединений, предприятий и организаций в зависимости от уровня материальных затрат на рубль продукции по сравнению с утвержденным лимитом, с учетом выполнения заданий по себестоимости продукции по объединению, предприятию, организации.

1.6. Основные принципы научной организации труда в строительстве

Без научной организации труда (НОТ) немыслимо успешное выполнение тех задач, которые поставлены перед строителями на XXVI съезде КПСС и последующих пленумах ЦК КПСС. Повысить производительность труда, качество выполняемых работ, сократить срок и стоимость строительства возможно лишь с применением передового опыта и НОТ, т. е. всего комплекса мероприятий, создающих оптимальные условия производства работ. НОТ предусматривает использование рациональных методов труда, передовой технологии и организации строительства, комплексной механизации и автоматизации строительных процессов с использованием наиболее производительных машин, механизмов, приспособлений, инвентаря и инструментов.

В основе разработки карт трудовых процессов заложены принципы НОТ, предусматривающие изучение закономерностей между всеми трудовыми процессами и операциями, которые выполняет рабочий по каждому виду работ. При этом рассматривается создание такого рабочего места, которое обеспечивало бы рациональные движения в минимальное время, правильную расстановку машин, механизмов, материалов и конструкций относительно объекта производства работ.

Выбор состава звена и квалификации рабочих производится в соответствии со сложностью выполняемых технологических процессов. НОТ предусматривает выбор наиболее оптимальных параметров, обеспечивающих наибольшую производительность звена рабочих при наиболее благоприятных и безопасных условиях производ-

ства работ (лучшая освещенность рабочего места, соблюдение социальной гигиены, эстетики, физиологии и психологии труда). Научный подход к решению поставленных задач способствует укреплению трудовой дисциплины, повышению квалификации рабочих и воспитанию коммунистического отношения к труду.

1.7. Бригадный подряд и хозяйственный расчет в строительстве

Бригадный подряд впервые был применен в бригаде Героя Социалистического труда, лауреата Государственной премии Н. А. Злобина. Это новое направление предусматривает развитие низового хозяйственного расчета в строительстве на основе НОТ и расширения участия коллективов рабочих в управлении производством. Задача бригадного подряда состоит в том, чтобы сократить срок и стоимость строительства, повысить производительность труда, экономно расходовать материально-технические ресурсы и повысить качество работ.

Для более эффективного выполнения поставленных задач на хозяйственный расчет должны быть переведены не только все комплексные и специализированные бригады организации (отвечающей за все виды работ), но и бригады субподрядных организаций (привлекаемых для выполнения отдельных видов работ: санитарно-технических, электромонтажных, изоляционных, кровельных, отделочных, монтаж лифтов, вентиляционных систем и т. д.).

Для перевода бригады на хозрасчет строительная организация должна руководствоваться Положением о новой форме бригадного хозяйственного расчета в строительстве — бригадном подряде и предварительно разработать: производственные нормы расхода материалов и планово-расчетные цены на строительные материалы, конструкции, изделия, работу строительных машин и механизмов; годовые планы работ бригад; графики производства работ и поставки на объект основных материалов, конструкций, изделий, оборудования; калькуляции трудовых затрат и заработной платы и расчетной стоимости поручаемых бригаде работ.

Перевод бригады на хозяйственный расчет решается руководителем строительно-монтажной организации по согласованию с бригадой, построечным комитетом профсоюза и оформляется приказом. Численный состав бригады (с учетом профессии и квалификации рабочих) определяется исходя из годовых объемов работ, сроков их выполнения, степени механизации и предусматриваемого роста производительности труда.

Строительно-монтажная организация (генподрядная, субподрядная) заключает с каждой бригадой договор на выполнение работ по объекту (этапу или комплексу работ), в котором стороны принимают на себя следующие основные обязательства:

бригада — выполнение работ в установленные сроки и в точном соответствии с технической документацией, строительными нормами и правилами в пределах расчетной стоимости поручаемых бригаде работ; соблюдение правил хранения и рационального расходо-

вания материалов, конструкций и деталей, принимаемых для производства работ; рациональное использование применяемых строительных машин и автотранспорта; соблюдение требований охраны труда и правил техники безопасности;

строительно-монтажная организация — своевременное обеспечение возводимого объекта технической документацией, строительными машинами, инструментами и вспомогательными приспособлениями, материалами, конструкциями и деталями для выполнения бригадой работ, предусмотренных договором в соответствии с графиком производства работ; внедрение прогрессивной технологии и организации производства строительных работ, научной организации труда, обеспечивающих опережающие темпы роста производительности труда по сравнению с темпами роста заработной платы; создание условий, обеспечивающих сохранность материалов, конструкций, деталей и инструментов, передаваемых бригаде; осуществление инженерно-технического руководства строительством, выполнение мероприятий по охране труда и технике безопасности.

В договоре с бригадой устанавливаются следующие основные показатели: сроки выполнения поручаемых объемов работ в соответствии с графиками их производства; расчетная стоимость работ, определяемая в соответствии с прилагаемыми методическими указаниями; сумма заработной платы по аккордному наряду; расчетная сумма премии за сокращение нормативного времени по аккордному наряду (за перевыполнение заданий по выработке в натуральных показателях); за достигнутую экономию в зависимости от оценки качества работ; за ввод в действие объекта строительства в срок и досрочно.

1.8. Поточные методы в строительстве

Поточные методы в строительстве являются прогрессивной формой организации работ, позволяющей сократить сроки строительства, повысить производительность труда, эффективно использовать механизмы, снизить трудозатраты. Сущность этого способа состоит в том, что строительные бригады или звенья различных профессий включаются в работу на захватках последовательно (друг за другом) через определенные промежутки времени, называемые **шагом потока.** Шаг потока зависит от технологической возможности выполнения последующей работы, т. е. от подготовки фронта работы предыдущим звеном для начала работы последующего звена.

Если, к примеру, ведется строительство подземного коллектора, то звено *1* (рис. 1.1, *а*) производит разработку грунта экскаватором, *2* — планировку основания с разработкой грунта (недобор), *3* — устройство опалубки и бетонной подготовки. Звено *5* может приступить к монтажу сборных элементов лишь после того, как бетон на участке *4* наберет необходимую прочность. Вслед за монтажниками (с разрывом во времени 1...2 смены) звено *6* замоноличивает стыки стеновых блоков с распорными плитами основания и заливает раствором вертикальные швы. По окончании монтажа

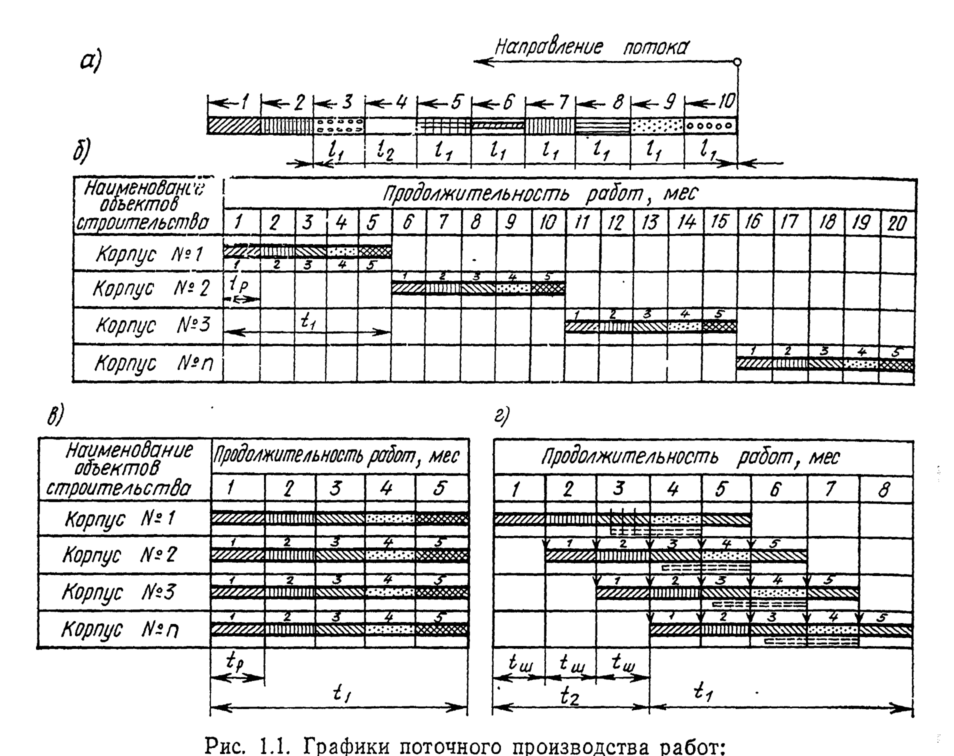


Рис. 1.1. Графики поточного производства работ:

а — поточный способ строительства линейного сооружения (подземный коллектор); l_1, l_2 — длины участков; *б* — график последовательного способа производства работ, *в* — график параллельного способа производства работ, *г* — график поточно-совмещенного способа производства работ

плит перекрытия (участок *7*) в работу включается звено *8* по устройству цементной стяжки, гидроизоляции и защитного слоя. Звено *9* производит бульдозером засыпку грунта, а *10* — послойное уплотнение пневматическими трамбовками. Отдельные звенья комплексной бригады, составляя единый технологический поток, движутся друг за другом до полного окончания работ на всей длине коллектора.

Как видно из приведенного технологического потока, при строительстве линейных сооружений, таких, как подземный коллектор, подпорная стенка вдоль реки, городская улица и др., разрыв по времени между отдельными звеньями может быть различным. В нашем примере разрыв между третьим и пятым звеном определяется временем, необходимым, чтобы бетонное основание к началу монтажа имело прочность, предусмотренную проектом. Разрыв между остальными звеньями зависит от технологической возможности выполнения последующих видов работ и процессов, а также необходимости соблюдения требований охраны труда.

Расчет потока ведут по ведущему звену или по ведущей машине (в данном примере — по звену монтажников). Зная его выработку

за смену (в штуках смонтированных элементов и их размеры в плане), определяют длину $l_д$ (м) делянки ведущего звена (при сменном шаге потока), т. е. участка, на котором звено монтажников выполняет свою сменную норму выработки

$$l_д = H_{выр}kl_{с.э} = 8{,}2kl_{с.э}/H_{вр.м},$$

где $Н_{выр}$ — выработка ведущего звена монтажников в смену, шт. сборных элементов; k — коэффициент перевыполнения нормы выработки, при перевыполнении нормы выработки на 15 %, $k=1{,}15$; $l_{с.э}$ — длина сборного элемента, м; $H_{вр.м}$ — норма машинного времени на измеритель (на один сборный элемент, маш-ч).

Продолжительность монтажа T подпорной стенки длиной L

$$T = L/l_д + t_ш n_п = LH_{вр.м}/8{,}2kl_{с.э} + t_ш n_п,$$

где $t_ш$ — шаг потока; $n_п$ — количество технологических (элементарных) потоков.

Все звенья, работающие впереди монтажного звена, должны подготовить за смену фронт работы ($l_д$), а идущие за ним не должны от него отставать. Если, к примеру, за монтажниками перемещается звено, производящее заделку стыков стеновых блоков с распорными плитами, которое за смену выполняет эту работу на большей длине, чем $l_д$, то параллельно с заделкой стыков такому звену поручается заливка вертикальных швов раствором и другие процессы. Важно, чтобы данное звено было полностью загружено на участке расчетной делянки. При уплотнении грунта в пазухах котлована пневматическими трамбовками трудоемкость может оказаться такой, что одно звено не справляется с объемом работ на длине $l_д$, и тогда принимается несколько звеньев. Таким образом, при поточном способе для всех звеньев неизменным является делянка ведущего звена, на длине которой все виды работ заданного объема должны быть выполнены за смену. Только в этом случае звенья, участвующие в потоке, не будут отставать от ведущего звена и опережать друг друга.

Когда квартал застраивается многоэтажными домами, поточный способ должен быть соблюден не только при возведении каждого корпуса, но и при переходе бригад с одного корпуса на другой. В этом случае возможны три метода организации работ: последовательный, параллельный и поточный. Последовательный способ предусматривает полное окончание работ на одном корпусе и лишь после этого начало работ на следующем корпусе (рис. 1.1, *б*). При параллельном способе строительство всех корпусов в квартале ведется одновременно (рис. 1.1, *в*). Наиболее рациональным является поточно-совмещенный способ (рис. 1.1, *г*), обеспечивающий равномерный и бесперебойный ритм для всех бригад, которые включаются в работу друг за другом через равный промежуток времени — шаг потока.

Как видно из рис. 1.1, *г*, каждая бригада, выполняющая свой вид работы, по окончании заданного объема работ на корпусе № 1 последовательно переходит (без разрыва в потоке) на корпуса № 2, 3 и т. д. Шаг потока $t_ш$ здесь также определяется трудоемкостью ведущей бригады, выполняющей монтаж надземной части здания. Величина шага потока зависит от типа дома (панельный, каркасно-панельный, блочный, из объемных элементов, кирпичный), количества этажей, секций и т. д. Если, например, монтируется 5-этажный и 4-секционный панельный жилой дом, то длительность монтажа такого дома условно может быть принята 1 мес. Эта величина и будет характеризовать ритм потока, в данном примере равный шагу потока $t_ш$.

Подчиняясь заданному шагу потока, бригада монтажников и все бригады, следующие за ней, должны выполнять свой объем работ на захватке в установленное время. Бригада *1,* производящая монтаж нулевого цикла, должна подготовить фронт работы на корпусе № 2 для бригады *2* к моменту окончания ею монтажа надземной части на корпусе № 1. Все последующие бригады — *3* — ведущая кровельные работы, *4* — отделочные работы и *5* — благоустройство территории — должны следовать за ведущей бригадой монтажников в том же ритме. Поскольку отделочные работы являются самыми трудоемкими из всего комплекса работ по возведению жилого дома, их трудно выполнить в том же ритме (1 мес), они могут выполняться параллельно с кровельными работами (на рис. 1.1, *г* это показано пунктиром). Как только будет закончена кровля в пределах первой секции жилого дома, сразу же (через $t_ш/4$ после начала кровельных работ) может приступить к работе бригада маляров. По окончании кровельных работ на второй секции к отделочным работам приступает вторая бригада маляров и т. д., двигаясь сверху вниз, с этажа на этаж. Итак, для выполнения трудоемких работ в соответствии с шагом потока можно брать различное количество бригад и работать в различное количество смен.

Комплексный поток предусматривает организацию специализированных бригад как в пределах корпуса, так и при переходе их с одного корпуса на другой. Специализированный поток должен соблюдаться в пределах каждой бригады. Выполняя, например, малярные работы, отделочные звенья комплексной бригады могут двигаться друг за другом, из комнаты в комнату, с этажа на этаж, выполняя при этом клеевую окраску потолков, масляную окраску всех столярных изделий, оклейку стен обоями, настилку полов из линолеума и т. д.

В свою очередь, в звеньях, выполняющих, например, масляную окраску столярных изделий, работа организуется по поточно-расчлененному способу, т. е. звенья меньшей квалификации выполняют работы по очистке поверхности от пыли, производят проолифку, подмазку сучков с проолифкой и шлифовкой подмазанных мест, а звенья высшей квалификации, двигаясь за ними, производят шпатлевку и все операции по окраске.

При **последовательном** способе производства работ (см. рис.

1.1, *б*) общий срок строительства удлиняется пропорционально количеству возводимых корпусов, т. е.

$$T_{пос} = t_1 n_к = t_з n_з n_к,$$

где t_1 — срок строительства одного корпуса; $n_к$ — количество возводимых корпусов; $t_з$ — время работы бригады на захватке; $n_з$ — количество захваток.

Недостаток этого способа состоит в том, что затягивается и удорожается строительство, бригады имеют разрывы в работе; достоинство — обеспечивается равномерное потребление всех денежных средств и материальных ресурсов в единицу времени

$$I = Q/T_{пос} = Q/t_з n_з n_к,$$

где I — интенсивность потребления материальных ресурсов в единицу времени (в месяц, в смену); Q — объем материальных ресурсов всех возводимых корпусов.

При **параллельном** способе производства работ значительно сокращается общий срок строительства, который фактически равен сроку строительства одного корпуса (если все дома одной серии)

$$T_{пар} = t_1 = t_з n_1.$$

Количество бригад по видам работ, а также интенсивность потребления материальных ресурсов при этом способе возрастает пропорционально количеству возводимых корпусов

$$I = Q/t_з n_з.$$

Поточно-совмещенный способ сочетает в себе достоинства двух вышерассмотренных вариантов и в значительной мере уменьшает их недостатки. Срок строительства при этом значительно меньше, чем при последовательном способе, но больше, чем при параллельном, на значение t_2

$$t_2 = t_ш (n_к - 1),$$

где t_2 — время, прошедшее с момента начала строительства первого корпуса до момента начала строительства последнего корпуса в потоке, мес или смен; $t_ш$ — шаг потока, мес или смен; $n_к$ — количество возводимых корпусов.

При этом способе достигается равномерное потребление материальных ресурсов, ритмичный ввод в эксплуатацию корпусов и бесперебойная работа всех бригад, участвующих в потоке.

Общий срок строительства жилых корпусов при поточном способе определяется из выражения

$$T_n = t_1 + t_2 = t_ш n_б + t_ш (n_к - 1),$$

где $t_ш$ — шаг потока, т. е. время работы бригады на участке потока; $n_б$ — количество бригад, участвующих в потоке строительства корпуса.

1.9. Основная документация, необходимая для производства строительных работ

При строительстве любого здания или сооружения необходимо строго соблюдать «Строительные нормы и правила» (СНиП), утвержденные Госстроем СССР. Они содержат нормативы и правила производства и приемки всех видов работ, выполнение которых обеспечивает качественную и экономичную строительную продукцию.

Пользуясь СНиПом, проектная организация в составе технического проекта предусматривает **проект организации строительства** (ПОС), а строительная организация по рабочим чертежам разрабатывает **проект производства работ** (ППР). В нем уточняется стройгенплан (с учетом местных особенностей), составляется календарный план производства работ с установлением срока строительства, определяется потребность в рабочих, машинах, приспособлениях, малой механизации, материалах, конструкциях с доставкой их на объект в нужные сроки, а также предусматриваются мероприятия по охране труда, противопожарной защите и контролю за качеством всех видов выполняемых работ.

На **стройгенплане** указывается объект строительства с размещением на нем монтажных кранов, механизмов, подъездных путей для транспорта, временных бытовых и складских помещений, временных сетей энергоснабжения, водоснабжения и мест складирования материалов и конструкций (если монтаж здания ведется не с транспортных средств). Стройгенплан разрабатывается на период возведения нулевого цикла (подземной части здания со всеми видами подземных коммуникаций и элементами благоустройства территории), а также — на период возведения надземной части здания.

Календарный план производства работ на объект строительства разрабатывается в соответствии с Инструкцией СН 47—74 в виде линейного или сетевого графика (и реже в виде циклограмм). Сетевые графики рационально применять при строительстве больших и сложных промышленных или энергетических объектов с привлечением большого количества строительно-монтажных и субподрядных организаций.

В состав проекта производства работ входят технологические карты на основные виды работ. **Технологической картой** называют документ, регламентирующий срок и технологическую последовательность отдельных процессов при выполнении заданного объема работ с помощью определенного комплекта машин, оборудования и инструментов. При строительстве типовых или многократно повторяющихся зданий и сооружений технологические карты используют с готовыми рациональными решениями по организации и технологии строительного производства, способствующими уменьшению трудоемкости, улучшению качества и снижению себестоимости строительно-монтажных работ. Типовые технологические карты разрабатывают на комплексные процессы строительно-монтажных

работ: при возведении отдельных конструктивных элементов, выполнении разных видов работ или комплекса работ, связанных с возведением части здания или сооружения. Типовые технологические карты разрабатывают на основании прогрессивных методов организации строительства и производства работ с использованием комплексной механизации, передовых методов труда рабочих и новаторов-строителей.

Типовая технологическая карта включает пять разделов:

1. *Область применения.* Краткая характеристика видов работ, конструкций, конструктивных элементов или частей зданий и сооружений, условий и особенностей производства работ (темп работы, способы механизации, сменность, геологические, гидрологические, климатические данные и др.), а также привязка технологической карты к конкретному объекту строительства.

2. *Технико-экономические показатели.* Трудоемкость (чел.·дн) на весь объем работ и на принятую единицу измерения, выработка на одного рабочего в смену, затраты машино-смен и энергетических ресурсов на весь объем работ.

3. *Организация и технология строительного процесса.* Подготовка объекта к выполнению последующего строительного процесса, предусмотренного картой; разработка схемы организации рабочей зоны с размещением монтажных кранов, погрузочно-разгрузочных устройств, складов основных материалов, полуфабрикатов и изделий сборных конструкций, подъездных путей, сетей временного электро-, тепло- и водоснабжения; хранение и запас конструкций, изделий и материалов на строительной площадке; применение рациональных методов монтажа конструкций и последовательность производства работ; разбивка здания или сооружения на захватки, ярусы; способы транспортирования материалов и конструкций к рабочим местам; типы применяемых подмостей и приспособлений; требования к качеству выполняемых работ.

4. *Научная организация труда рабочих.* Состав бригад и звеньев с указанием профессии и разряда рабочих, а также рациональное их использование при выполнении данного вида работ; схемы организации рабочих мест с указанием их размеров, размещения материалов и изделий, средств механизации, приспособлений и оборудования; указания о последовательности и рациональных приемах выполнения основных рабочих операций, приемах и способах строповки, выверки и установки сборных элементов в проектном положении; указания по применению средств малой механизации, рационального инструмента, приспособлений и оборудования, график производства работ и данные о трудовых затратах, основные указания по технике безопасности, охране труда, а также требования санитарных норм, калькуляция трудовых затрат.

5. *Материально-технические ресурсы.* Расчет потребности в материалах и технических ресурсах при выполнении заданного объема и вида работ.

В дополнение к технологическим картам разрабатываются **карты трудовых процессов.** В них рассматриваются взаимные увязки

во времени по всем процессам и операциям, какие необходимо выполнять оптимальным составом звена по возведению отдельных конструктивных элементов (монтаж колонн, панелей наружных стен, перекрытий, покрытий, устройство пола и т. д.) с обеспечением хорошего качества и минимальных трудозатрат.

Качество работ проверяет мастер или прораб. Целесообразно осуществлять взаимный контроль между бригадами смежных профессий (например, штукатурами и малярами).

1.10. Основные мероприятия по снижению срока и стоимости строительно-монтажных работ

На стоимость строительства зданий и сооружений влияет ряд факторов, относящихся к стадии разработки проекта, изготовления сборных конструкций и деталей, а также к стадии самого процесса строительства.

При проектировании на основании технико-экономического сравнения различных вариантов необходимо выбрать тот, который обеспечивает минимальную стоимость при создании необходимых удобств рабочим. Например, при строительстве в городе магистрали скоростного или непрерывного движения, при застройке и планировке квартала или микрорайона необходимо стремиться к нулевому или рациональному балансу земляных масс. Чтобы получить оптимальное решение, необходимо рассмотреть различные варианты планировки и инженерной подготовки территории с учетом всех факторов, влияющих на их стоимость.

Стоимость строительства и сроки окупаемости отдельных сооружений зависят от правильного выбора места строительства. Так, если таксомоторные, автобусные и троллейбусные парки равномерно размещены по всей территории города, то в этом случае до минимума сокращаются холостые пробеги у всех видов транспорта.

В стадии проектирования необходимо предусмотреть применение типовых зданий из унифицированных элементов с внедрением наиболее прогрессивных и экономичных конструкций и материалов (напряженно-армированные железобетонные конструкции, железобетонные оболочки покрытий, облегченные конструкции, изделия и материалы из пластмасс и т. д.). Запроектированные конструкции должны быть технологичны и индустриальны. Изготовленные на ДСК конструкции должны иметь максимальную степень заводской готовности и высокое качество (без отступления от требований СНиПа).

В стадии строительства на стоимость зданий и сооружений оказывают влияние: уровень индустриализации, при котором строительное производство превращается в комплексно-механизированный процесс монтажа зданий и сооружений из унифицированных элементов заводского изготовления; применение автоматизации и комплексной механизации с повышением коэффициента использования по грузоподъемности и времени всех машин и механизмов; повышение производительности труда хозрасчетных и комплексных бригад за счет улучшения организации и технологии строитель-

ного производства с применением сетевого планирования и управления на базе использования вычислительной техники; применение наиболее эффективных методов работ по технологическим картам и поточного способа строительства; экономическое стимулирование работников строительства и их материальная заинтересованность в сокращении сроков и улучшении качества строительства, экономии материалов и рациональном использовании транспортных средств.

1.11. Основные положения по охране труда в строительстве

До начала строительства любого здания или сооружения необходимо получить разрешение на производство работ от технической инспекции совета профсоюза.

В проектах организации строительства и производства работ разрабатываются мероприятия: по созданию безопасных и безвредных условий выполнения работ; санитарно-гигиеническому обслуживанию работающих на строительной площадке; безопасному производству работ в зимних условиях, а также обеспечению нормальной освещенности строительной площадки, проходов, проездов и рабочих мест (при работе в ночное время). Контроль за выполнением этих мероприятий возлагается на администрацию строительства. Создание безопасных условий труда зависит от правильной организации рабочих мест, которые должны быть оборудованы необходимыми ограждениями, защитными и предохранительными устройствами и приспособлениями. Все машины, механизмы, станки, инвентарь и инструменты должны находиться в исправном состоянии. Рабочие снабжаются спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты. В особо опасных местах — в зоне работы крана, экскаватора, сваебойного агрегата, компрессора и т. д., а также на подъездных автомобильных дорогах — необходимо вывешивать плакаты, предупредительные надписи и инструкции. Нельзя производить работы одновременно в двух и более ярусах по одной вертикали без соответствующих защитных устройств.

Знания правил охраны труда инженерно-технических работников проверяются ежегодно начальником или главным инженером строительной или монтажной организации. Вновь поступающие в строительную организацию рабочие допускаются к работе только после прохождения ими как вводного (общего) инструктажа, так и инструктажа по технике безопасности непосредственно на рабочем месте. Последний проводится при каждом последующем переходе на другую работу или изменении условий работы. Проведение инструктажа оформляется документально.

Помимо этого рабочие не позднее трех месяцев со дня поступления в строительную организацию должны пройти обучение безопасным методам работ по утвержденной программе, сдать экзамен и получить соответствующее удостоверение. Проверка знаний рабочих по охране труда производится ежегодно.

Для выполнения строительно-монтажных работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования по охра-

не труда, допускаются рабочие (СНиП III-4—80, см. прилож. 8), прошедшие курсовое обучение по типовым программам, сдавшие экзамены и имеющие удостоверение на право производства работ.

При выполнении некоторых видов работ в особо опасных и вредных условиях рабочим должен быть выдан письменный наряд-допуск, определяющий безопасные условия работ с указанием опасных зон и необходимых мероприятий по технике безопасности. Рабочие, занятые на вредных и опасных работах, подлежат предварительному и периодическому медицинскому осмотру в сроки, установленные Министерством здравоохранения СССР.

К верхолазным работам допускаются лица не моложе 18 и не старше 60 лет, прошедшие медицинский осмотр, имеющие стаж верхолазных работ не менее одного года и тарифный разряд не ниже третьего (верхолазными считаются все работы, выполняемые на высоте более 5 м от поверхности грунта, перекрытия или рабочего настила).

На строительной площадке должна быть аптечка с медикаментами, а также оборудованные санитарно-бытовые помещения, гардеробные, помещения для сушки, обезвреживания и обеспыливания одежды, умывальные, душевые, уборные, помещения для личной гигиены женщин, обогрева работающих, ремонта спецодежды.

Рабочие на строительной площадке обеспечиваются питьевой водой, которая должна находиться от рабочих мест на расстоянии не более 75 м.

Работающие в помещениях строящихся зданий должны быть защищены от сквозняков, пыли, вредных паров, газов или высоких температур. Специальные места отдыха необходимо оборудовать навесами или тентами, располагая их на расстоянии не более 50 м от рабочих мест.

Удалять мусор с перекрытий строящихся зданий и лесов разрешается только по закрытым желобам или в закрытых ящиках и контейнерах, поднимаемых с помощью кранов. Без приспособлений сбрасывать мусор с высоты не более 3 м можно при условии ограждения или охраны места сбрасывания. Необходимо регулярно очищать от строительного мусора и не загромождать проезды, проходы, подкрановые пути, погрузочно-разгрузочные площадки и рабочие места. В зимнее время их необходимо очищать от снега и льда, а дороги посыпать песком, шлаком или золой, а в летнее время поливать водой.

Расположенные на уступах, откосах и косогорах с уклоном более 20° проходы для рабочих необходимо оборудовать стремянками или лестницами с односторонними перилами. Колодцы и шурфы следует ограждать или закрывать крышками и прочными щитами. Траншеи и котлованы в местах прохода людей необходимо оградить, а в темное время суток около них установить световые сигналы. На строительной площадке рабочие места, проезды, проходы и склады ночью должны быть освещены в соответствии с «Указаниями по проектированию электрического освещения строительных площадок» Госстроя СССР.

В условиях городской застройки строительный объект следует огородить сплошным забором высотой не менее 2 м. Если расстояние от строящегося здания до забора менее 10 м, то сверху забора (вдоль тротуара) устраивают защитный козырек под углом 20° к горизонту. Вокруг каждого возводимого здания (сооружения) устанавливают зону, опасную для нахождения людей.

Глава 2. ДОРОГИ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

2.1. Городские улицы

Общие сведения. Для повышения пропускной способности и скорости городского транспорта на улицах с весьма интенсивным движением устраивают магистрали скоростного или непрерывного движения с пересечениями в разных уровнях в виде туннелей и эстакад. В местах взаимного пересечения больших транспортных и пешеходных потоков делают подземные пешеходные переходы.

Городские улицы должны обеспечить максимум удобств для пешеходов и пассажиров. Для этого необходимо правильно разместить, хорошо оборудовать пешеходные переходы, «островки» безопасности, посадочные площадки общественного транспорта и такси, стоянки машин, велодорожки, разделительные полосы, светильники, различного рода указатели и знаки. Зеленые насаждения на улицах и площадях улучшают микроклимат и способствуют уменьшению шума от транспорта. Весь этот комплекс вопросов предъявляет определенные требования к градостроителям в период проектирования и строительства городских улиц.

На рис. 2.1 *а* показан продольный профиль и план небольшого участка городской магистрали непрерывного движения. До ее реконструкции проезжая часть проходила через точки *а, б, в, г, д, е, ж, з* и имела уклоны i_1, i_3 и i_5. С увеличением движения транспорта, когда пропускная способность городской улицы полностью исчерпывается, необходимо переходить к строительству магистрали не-

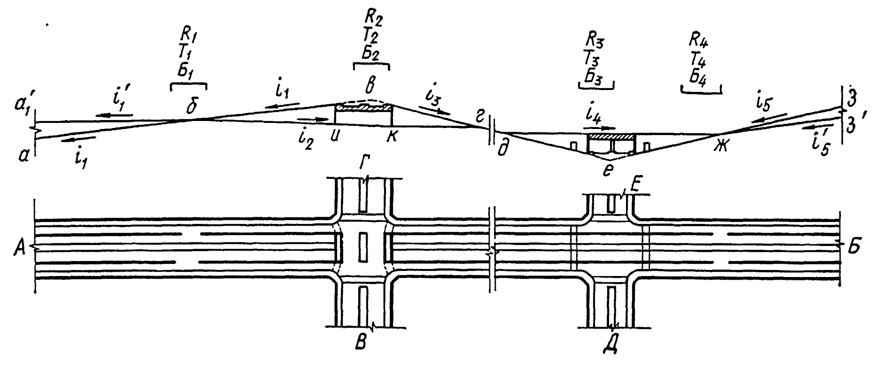


Рис. 2.1. Элементы городских магистралей

прерывного движения с устройством пересечений в разных уровнях. С учетом рельефа местности основные транспортные потоки по улице *А—Б* на участках *б—и, к—г, ж—з* пропущены в выемке, на участке *и—к* — в туннеле (под улицей *В—Г*), на участке *д—ж* — по эстакаде (над улицей *Д—Е*). Такое решение позволяет уменьшить большие продольные уклоны существующей улицы i_1, i_3, i_5 и запроектировать продольный профиль магистрали непрерывного движения с меньшими продольными уклонами i_1', i_2, i_4, i_5'.

Продольный профиль магистрали скоростного или непрерывного движения должен обеспечить нормальные условия для движения городского транспорта и минимальную стоимость строительства. Благоприятные условия для движения городского транспорта зависят от величины продольного уклона, радиусов, выпуклых и вогнутых кривых, радиусов кривых в плане, вида и состояния покрытия проезжей части, видимости, освещенности, расстояния между перекрестками, пешеходными переходами и т. д.

На стоимость строительства магистрали влияет не только конструктивное и планировочное решение транспортного пересечения в разных уровнях (туннель, эстакада, путепровод), но и объем выполняемых земляных работ. Необходимо стремиться к тому, чтобы вдоль трассы магистрали был соблюден (как об этом упоминалось выше) нулевой баланс земляных масс, т. е. на длине проектируемой магистрали объем грунта в выемке был бы примерно равен объему грунта в насыпи. С учетом рельефа местности трасса магистрали скоростного или непрерывного движения может быть запроектирована, например, на участке *а—б* на насыпи с подпорными стенками или на насыпи с откосами, а на участках *б—и, к—г, ж—з* — в выемке с подпорными стенками или в выемке с откосами. Под улицей *В—Г* магистраль проходит в туннеле, а на участке *д—ж* — по эстакаде. Из приведенного продольного профиля видно, что объем грунта из выемки на участке *б—г* может быть перемещен на участок насыпи *а—б* и между подпорными стенками эстакады на участке *д—ж*. Поэтому для снижения стоимости строительства магистрали непрерывного движения целесообразно строить комплексно, т. е. с учетом рельефа местности трасса магистрали должна проходить как в выемке, так и по насыпи с устройством пересечений туннельного и эстакадного типов.

Для обеспечения видимости и плавного движения автомобилей в местах перелома продольного профиля, т. е. в точках изменения величины продольного уклона, необходимо устраивать вертикальные выпуклые кривые с радиусом R_1 и R_2 или вогнутые кривые с радиусом R_3 и R_4.

Под тротуарами, зелеными полосами и проезжей частью местных проездов располагают подземные сети: кабели слабого и сильного тока, теплосети, газопроводы, водопроводы, канализацию и водосток. В зависимости от класса улицы подземные сети устраивают как в грунте, так и в подземных коллекторах (проходных и полупроходных). Под проезжей частью скоростных магистралей нель-

зя устраивать подземные сети, ибо их ремонт, а также очистка (особенно канализации и водостока) неизбежно приведут к снижению пропускной способности магистралей и скорости движения.

Классификация. Городские улицы классифицируют следующим образом: *магистрали скоростного и непрерывного движения, магистральные улицы общегородского и районного значения, улицы и дороги местного движения* (жилых, промышленных и складских районов).

Выбор типа конструкции дорожных одежд зависит от назначения улицы (нагрузки на колесо автомобиля), климатических условий, уровня грунтовых вод, вида грунта земляного полотна и характеристики подстилающего слоя. В городском строительстве для доставки всех строительных материалов, конструкций и деталей с заводов используют существующие городские улицы. Для того чтобы определить, по каким улицам можно транспортировать тяжеловесные сборные конструкции и детали, необходимо знать несущую способность каждого типа дорожной одежды.

В зависимости от класса и назначения городских улиц применяют следующие виды дорожных одежд: 1) *усовершенствованные капитальные* — цементобетонные (армированные рулонной сеткой и без нее); асфальтобетонные на бетонном основании или горячего черного фракционированного щебня прочных каменных пород; 2) из *сборных железобетонных плит:* прямоугольных, шестиугольных и ребристых вибропрокатных; 3) *усовершенствованные облегченные* — из черного щебня (гравия), укладываемого в горячем, теплом или холодном состоянии; черные щебеночные, устраиваемые способом пропитки; щебеночные, укрепленные малыми дозами цемента с двойной поверхностной обработкой; из холодного асфальтобетона; 4) *переходные* — из грунтов, укрепленных органическими или неорганическими вяжущими материалами; 5) *низшие* — из грунтов, укрепленных различными местными материалами.

В конструктивном отношении дорожные одежды (по характеру их работы в период эксплуатации) делят: на **жесткие** — бетонные и железобетонные основания и покрытия, обладающие значительным сопротивлением изгибу; **полужесткие** — покрытие и верхний слой основания которых обладают заметным сопротивлением изгибу (при этом основания укрепляются вяжущими: цементом, битумом, дегтем, известью) и **нежесткие** — сопротивлением изгибу обладает только покрытие. К последнему типу дорожной одежды относятся все основания из щебня, гравия, шлаков, не укрепленных вяжущими.

2.2. Выбор дорожных одежд городских улиц

Дорожные одежды городских улиц состоят из нескольких конструктивных слоев: покрытия, основания, подстилающего слоя и земляного полотна.

Покрытием называют верхний слой дорожной одежды, который воспринимает вертикальные и горизонтальные усилия от колес

транспортных средств и защищает нижележащие слои дорожной одежды от атмосферных осадков. Покрытие должно быть ровным, прочным, износостойким, водонепроницаемым, морозостойким, противостоять пластичным деформациям, обладать хорошей шероховатостью и трещиностойкостью. В зависимости от местных условий и класса улицы покрытие может быть однослойным или двухслойным. В двухслойном покрытии нижний слой делают из крупнозернистого, менее пластичного асфальтобетона (биндер) и верхнего слоя, удовлетворяющего всем вышеуказанным требованиям.

Основанием называют несущую часть дорожной одежды, которая совместно с покрытием воспринимает вертикальные нагрузки, передает их совместно с подстилающим песчаным слоем на грунт земляного полотна и защищает дорожную одежду от пучинных явлений. Основание может быть сделано из двух и более прочных слоев. Верхний слой устраивают из более прочных материалов, а нижний — из менее прочных и морозостойких материалов.

Подстилающий слой устраивают под основанием из местных дорожно-строительных материалов: песка, гравия, шлака, известняков пониженной прочности, стабилизированных различными вяжущими, шлакоминеральной смеси и грунтов, обработанных вяжущими. Материал подстилающего слоя должен иметь необходимую прочность, быть морозостойким и обладать фильтрующей способностью. Толщину песчаного подстилающего слоя из мелкозернистого песка для жестких и нежестких дорожных одежд назначают в зависимости от группы грунта, характера увлажнения и наличия в конструкции дренажей мелкого заложения.

Земляное полотно — хорошо уплотненный или естественный грунт, на котором устраивают основание. Для повышения прочности дорожной одежды грунт земляного полотна не должен иметь избыточного увлажнения. Прочность и долговечность дорожной одежды во многом зависит от характеристики грунта земляного полотна, т. е. от его гранулометрического и химического составов, плотности, способности дренировать, удерживать или поглощать влагу. Для подстилающего слоя может быть использован мелкозернистый песок, если он является местным и недорогим материалом. Толщину песчаного подстилающего слоя из мелкозернистого песка для жестких и нежестких дорожных одежд назначают в зависимости от группы грунта, характера увлажнения и наличия в конструкции дренажей мелкого заложения. Толщину конструктивного слоя проезжей части определяют расчетом в зависимости от климатической зоны, интенсивности движения транспорта, нагрузки на колеса и др.

Учитывая требования, предъявляемые к магистральным и жилым улицам, к внутриквартальным проездам и автостоянкам, выбирают соответствующий тип дорожной одежды.

Цементобетонные покрытия применяют одно- и двухслойные, с армированием сеткой (рис. 2.2, *а*) и без нее. Для уменьшения увлажнения бетонного покрытия, а также снижения сил трения в зоне контакта на песчаный слой необходимо укладывать битумизированную бумагу или прочную полиэтиленовую пленку или два ра-

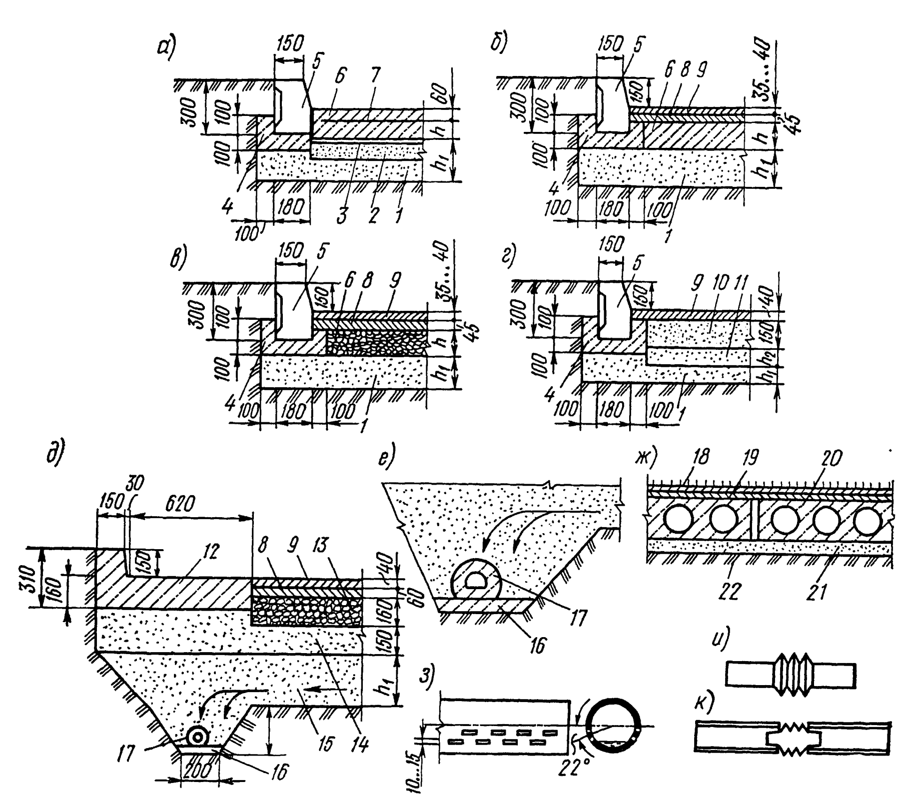


Рис. 2.2. Конструкции одежд городских улиц:

а — армированное цементобетонное покрытие; *б* — двухслойное асфальтобетонное покрытие на основании из бетона М200; *в* — двухслойный асфальтобетон на основании из известнякового щебня или дробленного гравия; *г* — однослойное асфальтобетонное покрытие на основании из стабилизированного грунта; *д* — нежесткая дорожная одежда с дренажом мелкого заложения; *е* — деталь дренажа мелкого заложения с трубофильтром; *ж* — плоский дренаж спортивных сооружений; *з* — дренажная асбестоцементная труба с пропилами; *и* — деталь полимерного гофрированного вкладыша; *к* — соединение дренажных труб с помощью полимерного гофрированного вкладыша; *1* — песок; *2* — стабилизированный слой песка; *3* — битумизированная бумага или обработка битумной эмульсией за два раза; *4* — подбортовый блок; *5* — борт; *6* — бетон М350; *7* — металлическая сетка; *8* — крупнозернистый асфальтобетон; *9* — мелкозернистый асфальтобетон; *10* — грунт, укрепленный цементом (10...15 %); *11* — грунт, укрепленный цементом (6...8 %); *12* — бортовый камень, совмещенный с лотковой плитой; *13* — битумоминеральная смесь; *14* — щебень; *15* — подстилающий слой песка; *16* — бетонное основание трубофильтра; *17* — трубофильтр; *18* — искусственный газонный ковер; *19* — синтетическая фильтрующая прослойка; *20* — дренажная керамзитобетонная плита; *21* — песок 50...100 мм; *22* — грунт основания

за обработать поверхность песка битумной эмульсией. Проезжую часть устраивают ниже тротуара или газонной зеленой полосы на 15 см и отделяют бортовым камнем, который устанавливают на бетонный уголковый или корытообразный блок.

На магистральных улицах общегородского значения, на улицах с интенсивным движением тяжелых машин, а также при неблагоприятных гидрогеологических условиях цементобетонное покрытие конструктивно усиливают арматурной рулонной сеткой. Армированное цементобетонное покрытие может быть однослойное

из бетона М350, 400, 500 и двухслойное, в котором верхний слой толщиной 6 см устраивают из более прочного бетона М350, 400, 500, а нижний — из бетона М250, 300.

Двухслойное асфальтобетонное покрытие (рис. 2.2, *б*) состоит из песчаного подстилающего слоя, основания из бетона М200 и двухслойного асфальтобетонного покрытия. Нижний слой покрытия делают из крупнозернистого асфальтобетона толщиной 45... 60 мм, а верхний (слой износа) — из мелкозернистого асфальтобетона толщиной 35...40 мм. Такое покрытие делают в две очереди. В период застройки квартала или микрорайона, когда нужны дороги для доставки строительных конструкций и материалов, устраивают лишь нижний слой из плотного крупнозернистого асфальтобетона толщиной 45 мм. По окончании строительства жилых домов или зданий культурно-бытового назначения укладывают второй слой из песчаного или мелкозернистого асфальтобетона толщиной 30...40 мм. Этот тип покрытия пригоден и для строительства внутриквартальных проездов.

Если продольный уклон проезжей части более 4 %, то верхний слой асфальтобетонного покрытия должен иметь повышенную шероховатость. Ее можно получить, если в состав асфальтобетонной смеси ввести до 70 % щебня мелких фракций из камня твердых пород или по недоуплотненному асфальтобетонному покрытию рассыпать горячий щебень с последующим уплотнением, или устроить по поверхности асфальтобетонного покрытия специальный «коврик» толщиной 12...15 мм из черного щебня с фракциями 0,3...4 мм.

Однослойное асфальтобетонное покрытие на основании из бетона М200 устраивают из мелкозернистого асфальтобетона толщиной 40 мм или из среднезернистого асфальтобетона с поверхностной обработкой толщиной 50 мм.

Двухслойное асфальтобетонное покрытие на основании из известнякового щебня или дробленого гравия показано на рис. 2.2, *в*. При строительстве магистральных улиц районного значения в основании применяют щебень прочностью свыше 60 МПа. Нижний слой проезжей части устраивают из крупнозернистого асфальтобетона толщиной 45 мм, а верхний — из мелкозернистого асфальтобетона толщиной 35...40 мм. Для повышения модуля деформации однослойное асфальтобетонное покрытие делают на основании из известнякового щебня или дробленого гравия с розливом битума в количестве 2,5 л/м^2. Вместо битума применяют слой черного щебня толщиной 60 мм по щебеночному основанию. В качестве покрытия толщиной 40 мм используют мелкозернистый асфальтобетон. Первый тип дорожной одежды делают при строительстве магистральных улиц районного и местного значения, а также внутриквартальных проездов.

Основание для улиц местного значения, внутриквартальных проездов и автомобильных стоянок можно устраивать из кирпичного щебня толщиной 120...300 мм и стабилизированного грунта (рис. 2.2, *г*). В качестве стабилизатора используют цемент или битум. При устройстве двухслойного грунтоцементного основания в верх-

ний слой толщиной 150 мм добавляют 10...15 % (по массе) цемента, а в нижний — 6...8 %.

На магистральных улицах непрерывного движения применяют двухслойное асфальтобетонное покрытие с основанием из битумоминеральной смеси 13 (рис. 2.2, *д*) толщиной 160...180 мм, уложенной по слою щебня *14* толщиной 150 мм. Такая конструкция дорожной одежды относится к нежесткому типу и поэтому в ней меньше появляется трещин от температурных деформаций и неравномерной осадки или пучения грунта. Битумоминеральную смесь приготовляют из щебня осадочных пород крупностью 5...40 мм, морозостойкостью не менее 25 циклов с добавлением минерального порошка (измельченный известняк или доломит) и битума. Достоинство такого покрытия — все процессы по устройству отдельных конструктивных слоев полностью механизированы, а движение городского транспорта начинается сразу же по окончании укладки верхнего асфальтобетонного слоя *9*.

Для повышения безопасности движения и снижения трудоемкости на магистральных улицах применяют индустриальные бортовые камни *12* длиной 3 м и более, совмещенные с лотковой плитой (см. рис. 2.2, *д*). Если обычные бортовые камни длиной 1 м устанавливают на подбортовой элемент жесткого соединения, то совмещенные бетонные или железобетонные блоки жестко соединяют в единое целое — борт и лотковую плиту.

В осенне-весенний период времени в подстилающем слое скапливается вода, которая снижает несущую способность земляного полотна. Для устранения этого применяют дренажи мелкого заложения (подлотковые дренажи) с использованием трубофильтров (см. рис. 2.2, *е*), асбестоцементных (см. рис. 2.2, *з*) и полимерных труб (реже из пористых керамических труб ввиду их хрупкости). Трубофильтры изготовляют из пористого беспесчаного цементобетона, применяя для этого гравий, щебень или керамзитовый гравий размером 5...10 мм. Для осушения подстилающего слоя в городских улицах используют фильтровые трубы с внутренним диаметром 50, 100, 150 и 200 мм, длиной звена 500...825 мм, толщиной стенок 40...50 мм, коэффициентом фильтрации 200—300 м/сут, с водозахватывающей способностью 60...120 л/мин на 1 м длины трубофильтра (по данным НИИМосстроя). Звенья трубофильтров диаметром до 200 мм соединяют между собой с помощью полимерных гофрированных вкладышей (рис. 2.2, *и, к*), а при большем диаметре — гофрированных муфт. Достоинство трубофильтров состоит в том, что значительно увеличивается площадь фильтрации (по сравнению с перфорированными асбестоцементными трубами), так как вода проникает через пористые стенки по всей их длине. По этой причине отпадает необходимость в устройстве по длине трубофильтра дорогостоящей обсыпки из прочного и морозостойкого щебня.

Подлотковые дренажи можно устраивать с применением перфорированных асбестоцементных труб диаметром 80...100 мм, длиной 3 м. Отверстия (перфорацию) в трубе устраивают в виде щелей. Для отвода воды с футбольного поля или спортивных площадок

применяют дренажные фильтрующие керамзитобетонные плиты размером 1000×500 мм, толщиной 90...220 мм (рис. 2.2, *ж*). Укладывают их по всей площади спортивного ядра на слой песка толщиной 50...100 мм. Сверху плит располагают синтетическую фильтрующую прокладку, которую покрывают искусственным газонным ковром (типа спортан). Атмосферные осадки с футбольного поля отводятся в городской водосток по каналам, имеющимся в толще фильтрующих плит.

Покрытие из черного щебня с поверхностной обработкой на щебеночном основании используют для магистральных улиц районного значения, улиц местного значения, а также внутриквартальных проездов и автомобильных стоянок. Покрытие из грунта, укрепленного битумом, делают для внутриквартальных проездов, автомобильных стоянок, хозяйственных площадок и внутриквартальных дорожек. Для стабилизации грунта применяют 8...10 % битума, который смешивают с грунтом на месте производства работ. Сверху стабилизированного грунта делают двойную поверхностную обработку.

Брусчатую и мозаиковую мостовую применяют на улицах с большим продольным уклоном (более 0,06) и на тех участках, где проложены еще не все подземные сети. Такой тип дорожной одежды не является индустриальным, так как требует больших затрат ручного труда. Для сбора воды вдоль бортового камня устраивают лоток из двух продольных рядов брусчатки. От лотка к середине улицы укладывают камни с соблюдением поперечного уклона $i = 0{,}03$. Для мощения применяют камни из прочных пород (диабаза, мелкозернистого гранита, базальта, кварцита, диорита и др.) высотой 140...160 мм, длиной 150...300 мм и шириной 120...150 мм. Вертикальные швы между брусчаткой заполняют на $^2/_3$ песком и на $^1/_3$ (сверху) — битумом.

Покрытие из сборных шестиугольных плит силового вибропроката (рис. 2.3, *а*) применяют для устройства проезжей части шириной

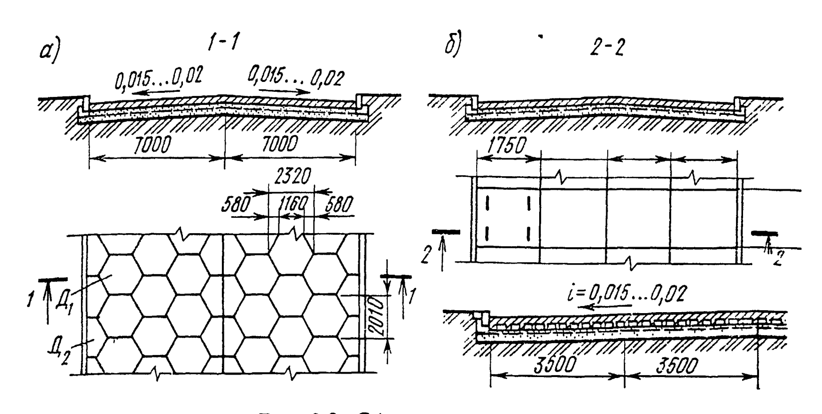


Рис. 2.3. Сборные покрытия

7; 9,07 и 12,1 м. При ширине проезжей части 7 м требуется целая плита D_1 и доборный элемент D_2.

Требованиям индустриализации строительства улиц наиболее полно отвечают покрытия из сборных элементов — шестиугольных и прямоугольных плит силового вибропроката, а также ребристых вибропрокатных прямоугольных плит. Шестиугольные плиты толщиной 180 мм укладывают по песчаному основанию, верхний слой которого толщиной 100 мм стабилизируется с добавлением цемента 10...12 % или битума 5...6 % по массе.

Покрытия из сборных прямоугольных плит силового вибропроката размером 1750×1500 мм (рис. 2.3, *б*) устраивают при ширине проезжей части 7; 10,5; 14 и 21 м — с укладкой плит в поперечном сечении улицы длинной стороной и 6, 9, 12 и 18 м — при укладке плит короткой стороной. Плиты имеют четыре отверстия для подъема их в период монтажа. Укладывают их, как и шестиугольные плиты, на песчаное основание по верхнему стабилизированному слою толщиной 100 мм.

Недостаток покрытия из прямоугольных плит состоит в том, что все продольные и поперечные швы совпадают. Вследствие этого такое покрытие более «чувствительно» к неравномерности осадки подстилающего песчаного слоя. Незначительная осадка одной плиты в процессе эксплуатации будет увеличиваться под воздействием непрерывно возрастающих ударов колес проезжающего транспорта. В покрытии из шестиугольных плит этот недостаток проявляется в меньшей степени, так как поперечные швы перевязаны, а продольные не находятся на одной линии.

Для уменьшения трудоемкости монтажных работ целесообразно применять крупноразмерные вибропрокатные железобетонные плиты толщиной 160 мм (с высотой ребра $h'=70$ мм), длиной 3,3 м и шириной 3,5; 3,2; 3,08; 2,6 м (рис. 2.3, *в*). Укладывая такие плиты любой из этих сторон, можно получить различную ширину проезжей части. Ребра расположены снизу плиты на расстоянии 300 мм друг от друга. Наличие кессонов в плите позволяет уменьшить расход бетона на 1 м^2 покрытия, но осложняет технологию монтажных работ. При укладке такой плиты на песчаное основание в кессонах остается воздух, который не позволяет плите лечь всей плоскостью на песчаный подстилающий слой. Этому мешают и ребра плиты, которые не могут равномерно врезаться в песчаный слой на полную их высоту. В силу этих причин меняются эксплуатационные условия работы плиты, так как она рассчитана на передачу нагрузок от транспорта по всей своей площади, а в действительности это условие нарушается. Указанные трудности ограничивают применение ребристых железобетонных вибропрокатных плит для устройства проезжей части городских улиц.

2.3. Временные дороги

Для доставки строительных материалов, конструкций и деталей к месту строительства зданий или сооружений должны быть сделаны подъездные пути с использованием постоянных внутриквар-

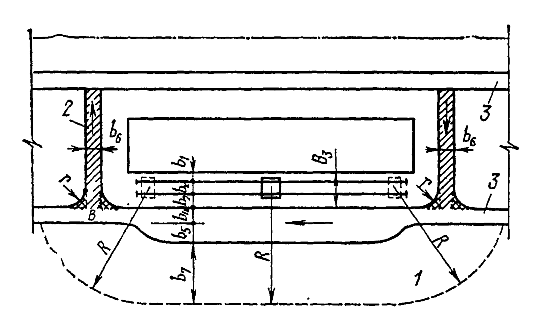


Рис. 2.4. Размещение постоянных и временных проездов:
1 — приобъектный склад; *2* — временные проезды; *3* — постоянные

тальных проездов. В тех случаях, когда это невозможно, устраивают временные подъездные пути (рис. 2.4).

На период строительства для проезда вдоль монтируемого дома можно использовать постоянный внутриквартальный проезд. Для подъезда к строящемуся дому по кратчайшему пути (чтобы не проезжать вдоль эксплуатируемых домов) целесообразно вблизи дома сделать временный въезд в квартал и выезд из него.

Постоянным внутриквартальным проездом можно пользоваться для доставки на объект строительства материалов и конструкций, если он располагается от дома на расстоянии

$$B_з = b_1 + b_2 + b_к,$$

где b_1 — минимальное расстояние от дома до головки рельса в зависимости от вида крана, b_1=1,2...1,6 м; b_2 — минимальное расстояние от головки рельса до бортового камня внутриквартального проезда; $b_к$ — ширина колеи башенного крана.

Исходя из требований благоустройства квартала и необходимости устройства зеленой зоны между домом и внутриквартальным проездом, принимают $B_з$=6...7 м. Такая ширина полосы вполне приемлема и для размещения на ней (в период строительства) пути башенного крана с необходимыми зазорами безопасности b_1 и b_2. Ширину постоянного внутриквартального проезда принимают в соответствии с проектом благоустройства квартала — для одностороннего движения b_4=2,75...3,5 м, а двустороннего b_4=5,5...6 м. Если b_4=2,5...3 м, то для разъезда с автомобилем, стоящим под разгрузкой, устраивают «карман» шириной 4...5 м, который в последующем (в период эксплуатации дома) используют для стоянки легковых автомашин.

Временные внутриквартальные проезды при одностороннем движении имеют ширину b_6=3 м. Их проезжую часть устраивают: из железобетонных сплошных плит; решетчатых железобетонных плит колейного типа (рис. 2.5, а, *б*); железобетонных плит клиновидной формы (рис. 2.5, *в*). Покрытия укладывают с помощью автомобильного крана на спрофилированный песчаный подстилающий слой толщиной 80...120 мм. Достоинство временных дорог из сборных железобетонных плит — легко монтируются и демонтируются, имеют многократную оборачиваемость. В плитах решетчатой конструкции бетона на 30 % меньше, чем в сплошных плитах. Кроме того, во время эксплуатации грунт врезается в конусные от-

верстия решетчатых плит, благодаря чему обеспечивается их большая устойчивость при боковом сдвиге.

С помощью клинообразных плит, применяемых в ГДР, можно устраивать покрытия проезжей части с любым радиусом на поворотах (без укладки монолитного бетона). На прямых участках покрытие монтируют из клинообразных пустотелых плит толщиной 0,2 м с чередованием широкой стороны (0,6 м) с узкой (0,4 м).

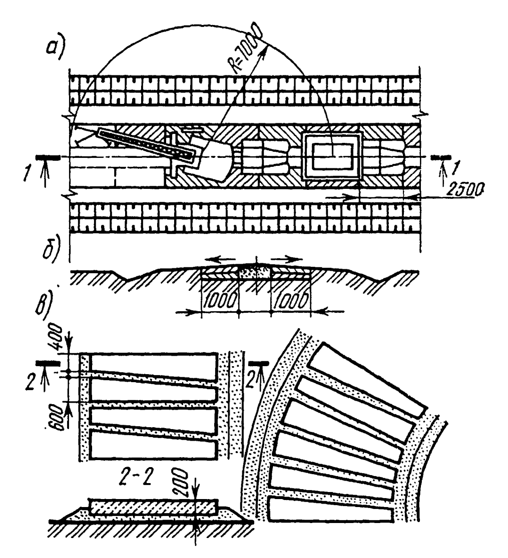


Рис. 2.5. Строительство временной колейной дороги из решетчатых железобетонных плит:
а — укладка плит автомобильным краном; *б* — поперечный разрез колейной дороги; *в* — железобетонные плиты для устройства временных инвентарных дорог

2.4. Транспорт в строительстве

Общие сведения. Для возведения любого здания или сооружения выполняются определенные транспортные работы, на которые затрачивается до 25 % стоимости возводимых зданий или сооружений и до 40 % от их общих трудовых затрат. При строительстве, например, жилых домов на 1 м³ здания приходится до 0,5 т различных грузов.

Транспорт в строительстве по отношению к строящемуся объекту делится на внешний и внутрипостроечный. С помощью *внешнего* транспорта грузы поступают на объект строительства от всех поставщиков и со складов (с заводов железобетонных изделий, заводов товарного бетона и раствора, деревообделочных комбинатов, централизованных мастерских по заготовке отделочных материалов, заводов санитарно-технического оборудования, железнодорожных складов и др.). Внешний транспорт бывает железнодорожный, водный, автомобильный, воздушный (вертолеты) и специальный (подвесные канатные дороги, пневмотранспорт). *Внутрипостроечный* транспорт предназначен (в пределах строительной площадки) для доставки на рабочее место строительных материалов, конструкций, полуфабрикатов. От правильного выбора вида внутрипостроечного транспорта и хорошей организации транспортных работ зависит эффективность применения механизации.

Необходимо стремиться к максимальной степени механизации всех погрузочных и разгрузочных работ на строительной площадке. Большинство строительных материалов, минуя приобъектные склады, должно поступать непосредственно на рабочее место монтажника, бетонщика, каменщика и т. д.

Автомобильный транспорт. В городском строительстве основным видом транспорта является автомобильный, обладающий большой маневренностью и транспортирующий любой груз с завода-поставщика на строительный объект или на рабочее место без промежуточной разгрузки на склад. Автомобильный транспорт, обладая большой технической скоростью (до 100 км/ч), в состоянии перевозить грузы на значительные расстояния. Он может перемещаться по улицам с большими продольными уклонами и малыми радиусами поворота. При движении автомобильный транспорт не разрушает покрытие проезжей части и не вызывает такого шума, как тракторный, что в условиях города имеет большое значение.

Чтобы определить, по каким улицам можно перевезти заданное количество строительных материалов и конструкций, необходимо проверить их пропускную способность при фактической скорости движения городского транспорта. Для этого следует выявить все факторы, влияющие на скорость сообщения и пропускную способность городских магистралей.

2.5. Скорость сообщения городского транспорта и пропускная способность городских улиц

С дальнейшим развитием городов увеличивается численность их населения и особенно всех видов городского транспорта. В 1982 г. в Советском Союзе было выпущено 2173 тыс. автомобилей, из них 1307 тыс. легковых и 780 тыс. грузовых.

Скорость сообщения городского транспорта в условиях сложившихся городов в 3...4 раза меньше технической: для грузовых автомашин она составляет 26...30 км/ч, автобусов, троллейбусов и трамваев — 15...18 км/ч, легковых автомобилей 32...38 км/ч. Такое значительное снижение скорости сообщения объясняется тем, что на перекрестках улиц, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга, транспортные потоки пересекаются между собой и с пешеходными потоками в одном уровне; вдоль улиц размещается большое количество остановок троллейбуса, автобуса и трамвая (перед которыми нерельсовый транспорт должен останавливаться), а также стоянок такси и машин индивидуального пользования; в неоднородном транспортном потоке, где имеются тягачи, грузовые и легковые автомобили, автобусы и троллейбусы, скорость сообщения определяется самым тихоходным транспортом; на городских улицах расположены близко друг от друга въезды в кварталы, подъезды к магазинам, к зданиям культурно-бытового и административного назначения; на большинстве улиц отсутствуют разделительные полосы, разобщающие встречные потоки; недостаточные радиусы поворотов с одной улицы на другую; неудовлетворительное состояние проезжей части, а в ночное время — недостаточная ее освещенность. Для устранения указанных недостатков принимаются различные меры: расширяются улицы, перекрестки, организуется движение по принципу «зеленой волны», устраиваются разделительные полосы, изолируются остановки общественного

транспорта от основных транспортных потоков, разобщаются потоки грузового и легкового транспорта, применяются кибернетические светофоры и т. д. Но, как показали исследования, расширение проезжей части эффективно до пяти полос, а применение кибернетических светофоров позволяет увеличить пропускную способность улиц до 10...12 %.

Поэтому для значительного повышения как скорости сообщения городского транспорта, так и пропускной способности городских магистралей необходимо переходить от регулируемой к нерегулируемой системе организации движения, которая возможна при устройстве специальных пересечений в разных уровнях и полной изоляции транспортных потоков от пешеходов. С переходом на непрерывное движение представляется возможность: повысить скорость движения городского транспорта в 2,5...3 раза; увеличить пропускную способность улиц в 2...2,5 раза; сократить время поездок по городу в 2,5...3 раза; для перевозки того же самого количества пассажиров и грузов уменьшить количество подвижного состава в 2...2,5 раза; сократить расход горючего* за счет ликвидации вынужденных остановок автомобилей (с работающим мотором) перед светофорами с красным светом; рационально использовать проезжую часть, так как при регулируемой системе движения она используется только на 50 %; уменьшить загазованность воздушного бассейна — при трогании автомобиля с места (в момент горения зеленого света в светофоре) в 10 раз увеличивается количество отработанных газов, содержащих вредные токсичные вещества; повысить безопасность движения за счет полной изоляции транспортных потоков от пешеходных. Насколько это важно, достаточно сказать, что от 300 млн. автомашин, имеющихся в мире, ежегодно погибает более 300 тыс. человек и 7,5 млн. человек получают ранения.

Пропускная способность полосы N (авт/ч) проезжей части при непрерывном движении определяется по формуле

$$N = 3600/(L_a v) = 3600v/L_a,$$

где L_a — расстояние между двумя смежными движущимися автомобилями при заданной скорости, м; L_a/V — время, необходимое для проезда расстояния между двумя смежными автомобилями при заданной скорости, с; v — скорость движения автомобиля, м/с.

Расстояние (м)

$$L_a = l + vt_p + cv^2, \tag{2.1}$$

где l — длина автомобиля плюс интервал безопасности между двумя остановившимися автомобилями, м; t_p — время реакции водителя автомобиля, т. е. разность во времени между осознанной необходимостью торможения (при виде препятствия на улице) и фактическим началом торможения, с; c — коэффициент торможения,

* Если ликвидировать на Садовом кольце в Москве оставшиеся 20 регулируемых пересечений в одном уровне и перейти на непрерывный транспортный поток, то можно сэкономить 119 600 т бензина в год.

зависящий от системы тормозов, их технического состояния и сцепления автомобильных шин с поверхностью проезжей части, принимают $c=0{,}012...0{,}33$; $vt_р$ — путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя, м; cv^2 — путь, проходимый автомобилем за время торможения, м.

Из формулы (2.1) видно, что расстояние между движущимися автомобилями зависит в основном от скорости движения и времени реакции водителя. Коэффициент торможения

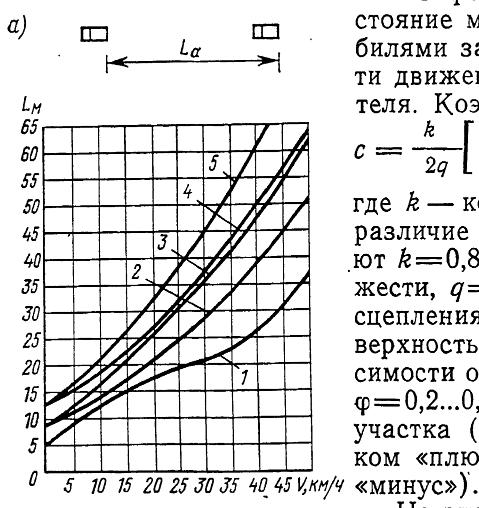
$$c = \frac{k}{2q}\left[\frac{1+0{,}3\varphi}{0{,}6\varphi \pm (1+0{,}3\varphi)i} - \frac{k}{\varphi \pm i}\right],$$

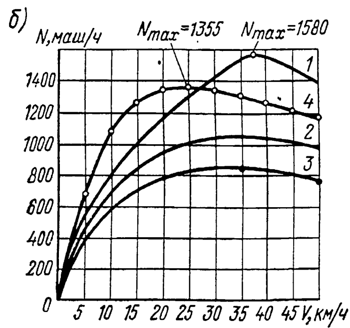
где k — коэффициент, учитывающий различие тормозных систем, принимают $k=0{,}8...1$; q — ускорение силы тяжести, $q=9{,}8$ м²/с; φ — коэффициент сцепления покрышек транспорта с поверхностью дорожной одежды (в зависимости от состояния и типа покрытия, $\varphi=0{,}2...0{,}6$); i — уклон расчетного участка (на подъеме берется со знаком «плюс», на спуске — со знаком «минус»).

На рис. 2.6, *а* показаны кривые, характеризующие изменение интервала между различными транспортными средствами в зависимости от их скорости движения.

Пропускная способность $N_н$ одной полосы проезжей части улицы при непрерывном движении автомобилей с различной скоростью на горизонтальном участке пути при $\varphi=0{,}35$ и $c=0{,}121$

$$N_н=3600v/(c+vt_р+cv^2).$$





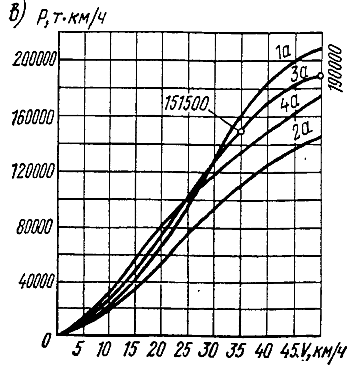


Рис. 2.6. Графики изменения пропускной способности полосы проезжей части и производительности автомобилей в зависимости от скорости их движения:

а — изменение интервалов между различными видами транспорта в зависимости от скорости их движения: *1* — для легковых автомобилей; *2* — для грузовых автомобилей грузоподъемностью 3 т; *3* — то же, 5...10 т; *4* — для автобусов; *5* — для троллейбусов; *б* — изменение пропускной способности полосы при непрерывном движении в зависимости от скорости различных видов транспорта: *1* — легковые автомобили; *2* — автомобили грузоподъемностью 3 т; *3* — автомобили грузоподъемностью 5...10 т; *4* — теоретическая кривая для легковых автомобилей; *в* — зависимость производительности автомобилей от скорости их движения; *1а* — легковые автомобили; *2а* — автомобили грузоподъемностью 3 т; *3 а* — автомобили грузоподъемностью 5 т; *4а* — теоретическая кривая для легковых автомобилей

Изменение пропускной способности в зависимости от скорости движения различных транспортных средств показано на рис. 2.6, *б*. Из приведенного графика видно, что максимальная пропускная способность при непрерывном движении автомобилей грузоподъемностью 3...10 т достигается при скорости 35 км/ч и составляет 830...1050 авт/ч. С дальнейшим увеличением скорости пропускная способность имеет тенденцию к снижению, так как интервалы между движущимися автомобилями значительно возрастают. При регулируемой системе движения пропускная способность полосы проезжей части равна 250...300 гр. авт/ч.

Несмотря на незначительное уменьшение пропускной способности полосы проезжей части, с дальнейшим увеличением скорости движения грузовых автомобилей (свыше 35 км/ч) производительность их значительно возрастает. Производительность транспорта $П$ (т·км/ч), отнесенная к одной полосе:

$$П = QL = N_н q_н v t,$$

где $Q = N_н q_н$ — количество груза, которое можно перевезти через определенное сечение полосы, т/ч; $L = vt$ — часовой пробег транспорта, км; $N_н$ — пропускная способность одной полосы при непрерывном движении автомобилей, маш/ч; $q_н$ — грузоподъемность транспорта, т; v — скорость движения транспорта, км/ч; t — время движения транспорта, ч.

Изменение производительности транспорта в зависимости от изменения скорости его движения показано на рис. 2.6, *в*, где кривые *1а, 2а, 3а* и *4а* построены на основании кривых *1, 2, 3* и *4* рис. 2.7, *б*. Из этого же графика видно, что с повышением скорости более 35 км/ч производительность транспорта продолжает увеличиваться.

Если на Садовом кольце до строительства пересечений в разных уровнях скорость сообщения была 16 км/ч, то после устройства 8 пересечений (из 22 запланированных) и 19 подземных пешеходных переходов скорость сообщения повысилась до 38 км/ч, т. е. более чем в 2 раза.

2.6. Выбор транспортных средств

Выбор транспортных средств зависит от следующего:

1. Вида перевозимого груза: а) штучные изделия — облицовочные материалы, кирпич, стекло, арматура, опалубка, оконные и дверные блоки, рулонные кровельные и изоляционные материалы, санитарно-техническое оборудование и т. д.; б) сыпучие материалы — керамзит, щебень, гравий, шлак, различные виды грунта и др.; в) вязкие (подвижные) материалы — асфальтобетон, бетон, раствор; г) порошкообразные материалы — цемент, гипс, известь пушонка; д) жидкие материалы — известковое тесто, разогретый битум, грунтовки и др.

2. Размера и массы конструкций и деталей: а) длинномерные — фермы, сваи, балки, ригели, трубы, лесоматериалы, мачты освещения и др.; б) плоские элементы — плиты перекрытий и покрытий, панели наружных и внутренних стен, панели перегородок; в) тонкостенные элементы — своды и оболочки, армоцементные пли-

ты и др.; г) теплоизоляционные материалы пеносиликат, газобетон, минеральная вата, стиропор и др.

3. Способа транспортировки: а) в горизонтальном положении — плиты перекрытий и покрытий, фундаментные блоки, балки, ригели, прогоны, сваи и т. д.; б) в вертикальном и наклонном положениях — фермы, панели наружных и внутренних стен, панели перегородки.

4. Габаритов объемных элементов: блок-комнаты, санитарно-технические кабины, секции арок или балок пролетного строения мостов, блоки подземных коллекторов, секции городского водостока, канализации, смотровых колодцев.

5. Расстояния транспортировки груза.

6. Способа разгрузки привезенного груза; а) сзади или сбоку автосамосвала (песок, щебень, камень, грунт, бетон, раствор, асфальтобетон и др.); б) в контейнерах или пакетах (кирпич, стекло, оконные блоки); в) поштучным снятием элементов с помощью крана.

7. Скорости транспортировки груза (ограничение скорости при перевозке объемных блоков, ферм, свай и т. д.).

8. Вида дороги, ее состояния и величины продольного уклона.

9. Температур перевозимого материала и наружного воздуха (для транспортировки в зимних условиях подогретого бетона, раствора, асфальтобетона, разогретого битума).

10. Условий транспортировки груза (открытым или закрытым способами).

В зависимости от вышеуказанных требований подбирают соответствующие специальные транспортные средства, автомобили, тягачи с прицепами и полуприцепами. Для окончательного выбора транспортных средств и обеспечения его эффективной работы необходимо сопоставлять различные варианты с выбором транспортных средств различных типов, грузоподъемности при движении их по рациональным маршрутам, используя для этого экономико-математические методы. На ряде строек применяют, в частности, систему «Супер», предусматривающую увязку работы транспорта с потребностью раствора, бетона на строительных объектах.

2.7. Организация работы транспортных средств

Работа автомобильного транспорта должна быть организована так, чтобы каждая транспортная единица в течение смены перевозила максимум груза в минимальное время. Этого можно добиться, если каждый автомобиль или тягач будет полностью использовать свою грузоподъемность и иметь наименьший цикл работы.

Рациональное использование автотранспорта характеризуется коэффициентом $k_г$ использования его грузоподъемности

$$k_г = Q_ф/(Q_г n) = (q_1 + q_2 + q_3 + \cdots + q_n)/(Q_г n),$$

где $Q_ф$ — фактическая масса перевезенного груза за смену, т; $Q_г$ — грузоподъемность автомобиля, т; n — расчетное количество рейсов

автомобиля за смену; q_1, q_2, q_3, ..., q_n — масса перевезенного груза за первый, второй, третий рейсы и т. д. (в течение смены), т.

Рациональное использование автомобильного транспорта будет тогда, когда значение $k_г$ приближается или равно 1 (или 100 %).

Эффективность работы автомобильного транспорта за смену

$$k_{эф} = R_1/R_2 = (q_1 l_1 + q_2 l_2 + q_3 l_3 + \cdots + q_n l_n)/(Q_г n L_н),$$

где R_1 — фактическая работа транспорта за смену, т·км; R_2 — нормативная работа транспорта за смену, т·км; $l_1 + l_2 + l_3 + ... + l_n$ — пробег автомобиля за первый, второй, третий рейсы и т. д., км; $L_н$ — нормативный пробег автомобиля за смену, км.

Зная коэффициент использования транспортных средств по грузоподъемности и эффективность их работы за смену, можно определить аналогичные показатели за любой расчетный срок (месяц, квартал или год).

Продолжительностью цикла $T_ц$ (мин) называют минимальное время, необходимое автомобилю для завершения одного полного рейса:

$$T_ц = t_п + t_т + t_м + t_р + t'_т,$$

где $t_п$ — время погрузки груза, мин; $t_т$ — время транспортировки груза от места погрузки до места разгрузки, мин; $t_м$ — время маневрирования автомобиля, необходимое для установки автомобиля в рациональное положение при его загрузке и разгрузке, мин; $t_р$ — время разгрузки сборных элементов (груза), мин; $t_т'$ — время возвращения автомобиля от места разгрузки к месту погрузки, мин.

При монтаже зданий с транспортных средств большое значение имеет время разгрузки сборных элементов. Сущность монтажа с транспортных средств состоит в том, что сборные элементы, привезенные на строительную площадку в соответствии с монтажным графиком (рис. 2.7, *а*), не разгружаются на приобъектный склад, а снимаются с транспорта и устанавливаются в проектное положение. Монтаж с транспортных средств рациональнее всего организовать в том случае, когда все сборные элементы доставляются на строительную площадку с одного завода. Этим требованиям лучше всего удовлетворяют домостроительные комбинаты (ДСК), которые изготовляют, транспортируют, монтируют все сборные элементы и в законченном виде сдают дома в эксплуатацию. В некоторых случаях эти функции могут быть разграничены между заводом-изготовителем, транспортной организацией и строительным управлением. Такая

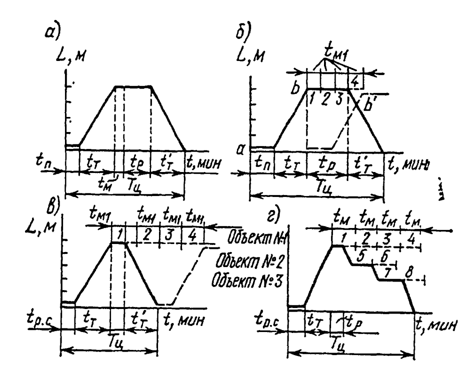


Рис. 2.7. Графики доставки сборных деталей при монтаже с транспортных средств

специализация позволяет транспортной организации при наличии почасовых графиков рационально использовать транспортные средства и правильно спланировать свою работу на перспективу.

При монтаже зданий с транспортных средств возможны три схемы организации работы транспорта: маятниковая, маятниково-челночная и челночно-кольцевая.

Маятниковая схема (рис. 2,7, *б*) предусматривает доставку сборных деталей с завода на стройку тягачом с неотцепляемым транспортным устройством или на бортовой автомашине (в зависимости от размеров, массы и формы перевозимых деталей). В этом случае тягач или бортовая автомашина простаивает на заводе в период погрузки сборных деталей в течение времени

$$t_п = t_{п1} n,$$

где $t_{п1}$ — время погрузки одного сборного элемента, мин; n — количество перевозимых сборных элементов за один рейс на одном автомобиле или прицепе, шт.

Приехав на строительную площадку, автомобиль или тягач с неотцепляемым прицепом снова простаивает $t_р$ столько, сколько требуется времени для монтажа привезенных элементов за минусом 1, т. е.

$$t_р = t_{м1}(n - 1),$$

где $t_{м1}$ — время монтажа одного сборного элемента, мин.

Недостаток маятниковой схемы состоит в том, что тягач с неотцепляемым прицепом много времени простаивает как на строительной площадке в период монтажа (разгрузки) привезенных сборных элементов, так и на заводе в период их погрузки.

Маятниково-челночная схема не имеет указанного недостатка. При ней тягач привозит с ДСК на строительную площадку прицеп со сборными элементами за время $t_т$ (рис. 2.7, *в*) и оставляет его в зоне действия монтажного крана. Тягач, прицепив освободившийся к этому времени на стройке прицеп, увозит его на ДСК или завод железобетонных изделий. Простои транспорта по этой схеме значительно уменьшены. Из графика рис. 2.7 видно, что тягач на строительной площадке задерживается лишь на время $t_р'$, т. е. на время, которое необходимо для расцепки привезенного прицепа и сцепки ранее разгруженного прицепа. Приехав на ДСК с пустым прицепом, тягач не стоит под загрузкой. Он оставляет привезенный прицеп и транспортирует с ДСК на строительную площадку заранее укомплектованный (загруженный) прицеп. При такой организации работы транспорта на каждый тягач необходимо иметь три прицепа, из которых один находится в пути, второй — на строительном объекте под разгрузкой и третий — на ДСК под загрузкой.

При **челночно-кольцевой схеме** доставку сборных элементов с ДСК на строительный объект осуществляют с помощью автопоездов, состоящих из панелевоза с прицепом. Такой автопоезд может обслуживать несколько строящихся объектов. Приехав на первый из них, от автопоезда отцепляют прицеп с привезенными деталя-

ми, а панелевоз уезжает на второй, а затем на третий объект строительства. Если панелевоз привезет на объекты № 2 и 3 четыре элемента, то время его простоя на двух объектах равно времени монтажа элементов 5 и 7 (рис. 2.7, *г*). Если же панелевоз будет обслуживать не два, а четыре объекта, то время простоя на каждом из них будет минимальным и равно лишь времени снятия привезенного элемента с панелевоза.

В практике строительства ГДР также применяют монтаж с транспортных средств, но доставку на объект панелей наружных и внутренних стен осуществляют не панелевозами, а на специальных металлических поддонах контейнерного типа. На строительной площадке с помощью лебедки такой поддон вместе с привезенными панелями скатывается с трайлера и накатывается на специальную платформу. Платформа имеет возможность перемещаться по рельсам. После снятия поддона тягач с разгруженным трайлером направляется на завод, где такой же поддон, но с заранее укомплектованными панелями, накатывается на трайлер. Такая контейнерная система транспортировки панелей позволяет рационально использовать транспортные средства, так как простои на стройке (в период снятия поддона) и на заводе (в период его погрузки) сведены до минимума.

2.8. Специальный транспорт

Специальный транспорт предназначен для перевозки (в сохранном состоянии) различных конструкций, деталей и строительных материалов.

Длинномерные железобетонные конструкции и детали должны быть уложены на транспорт с учетом расположения рабочей арматуры и величины изгибающих моментов, возникающих в период их транспортировки. Во время погрузки, перевозки, разгрузки и складирования не должны быть повреждены углы, грани, фактура сборных конструкций, а также погнуты арматурные выпуски, закладные элементы и монтажные петли. Конструкции или детали необходимо надежно закреплять во время перевозки. Время, затрачиваемое на погрузку перевозимого груза, должно быть минимальным.

Панели наружных стен и перегородок длиной до 7,2 м перевозят в вертикальном положении на универсальном полуприцепе-панелевозе УПП-0907 грузоподъемностью 9 т с тягачом седельного типа ЗИЛ-130В1. При длине перевозимых панелей до 10 м целесообразно использовать полуприцеп-панелевоз УПП-1207, а при длине стеновых панелей до 6,5 м — панелевозы Т-264, НАМИ-790, УПП-1207, УПП-2008Б, ПК-1700, ПП-1207, ПП-1307 и др.

Транспортные средства, предназначенные для перевозки объемных элементов (блок-комнат, блок-квартир, секции подземных коллекторов и водостоков), должны иметь хорошую амортизацию, исключающую поломку и трещинообразование в перевозимых объ-

емных элементах. Перевозка санитарно-технических кабин и элементов шахт лифтов производится сантехкабиновозами, а также полуприцепом-кабиновозом, имеющими низкорамный кузов кассетной формы.

Для транспортировки сыпучих грузов, бетона, асфальтобетона и растворов применяют автосамосвалы (с опрокидыванием кузова назад и в стороны) грузоподъемностью 5,2...40 т. Они должны обладать хорошей маневренностью, проходимостью и обеспечить полную механизацию разгрузочных работ. Более рационально бетонную смесь перевозить в автобетоновозах емкостью 1,6...2 м^3.

Фундаментные и стеновые блоки, плиты перекрытий, балки, небольшой длины ригели, колонны, кирпич на поддонах, плиты дорожные и другие штучные изделия перевозят на бортовых автомобилях номинальной проходимости грузоподъемностью 2,5...14,5 т.

Керамзитовый щебень, как более легкий материал, транспортируют полуприцепом-керамзитовозом с опрокидывающимся кузовом налево, а также автопоездом, состоящим из тягача и двух самосвальных прицепов. Разгрузку привезенного щебня можно производить как на правую, так и на левую сторону прицепа, открывая только нижнюю часть борта.

При строительстве дорог песок, щебень, бетон, асфальтобетон доставляют на место укладки без промежуточной перевалки. Эти материалы иногда приходится разгружать без заезда на спланированное и подготовленное основание дороги или тротуары. Для этой цели применяют автопоезда с двумя или одним самосвальным прицепом, которые обеспечивают боковую разгрузку привезенных материалов. При необходимости разгрузки бетона или асфальтобетона непосредственно в бункер укладочной машины с центральной или боковой подачей материала целесообразно применять автомобиль-самосвал с двумя опрокидывающимися кузовами (назад и в стороны).

Раствор транспортируют с завода к месту его потребления в специальных растворовозах, позволяющих транспортировать его в любое время года, а в зимнее время подогревать за счет пропуска в междудонную полость *1* отработанных газов двигателя. Растворовозы исключают попадание воды в дождливое время и испарение ее из раствора в жаркие дни. В нижней части цистерны имеются два пневматических вибратора, которые обеспечивают полную разгрузку раствора. Самосвальные цистерны для раствора могут иметь открывающуюся заднюю стенку, снабженную особым автоматическим устройством для ее плотного закрывания. Их используют и для доставки на стройки сухих растворных смесей. Новые растворовозы марок РП-1 и СБ-89 (предложение СКБ Мосстроя) обеспечивают с помощью лопастного побудителя перемешивание растворов в пути и при разгрузке.

При транспортировании бетона на большие расстояния в автосамосвалах от сотрясений в пути происходит расслоение бетона с потерей пластичной цементной массы через щели кузова (в заднем его борту). Этот неодстаток полностью устраняется при приме-

нении автобетоносмесителей (объемом смеси 2,6...4,4 м^3), которые транспортируют сухую бетонную смесь и при подъезде к объекту смешивают ее с водой. В результате строители получают высококачественную свежеприготовленную бетонную смесь нужной подвижности (5...20 см).

Для перевозки цемента используют автоцементовозы с саморазгрузкой и пневморазгрузкой с вместимостью цистерны 3,5...12 т. Автоцементовозы последнего типа позволяют механизировать не только разгрузку цемента под воздействием сжатого воздуха, но и загрузку его в цистерну под воздействием вакуума, создаваемого ротационным вакуум-насосом. Герметически закрытая цистерна исключает потерю и порчу цемента в пути, а также загрязнение улиц и воздушного бассейна города. Малые объемы цемента или сухие растворные смеси доставляют на объекты в специальных металлических контейнерах. Погрузка и снятие их производится вилочным погрузчиком, смонтированным на раме автомобиля. Такие контейнеры удобны при строительстве линейных сооружений (подземных коллекторов, водостоков, канализации, дорог), когда устраивать в одном месте склады для хранения цемента нецелесообразно.

Известковые растворы и известковое «молоко» транспортируют в специальных цистернах емкостью 3 м^3, смонтированных на раме автомобиля ЗИЛ-164 или прицепа. Цистерны загружают раствором под действием разрежения, создаваемого во впускном коллекторе двигателя автомобиля, а разгружают самотеком или под давлением отработанных газов, прошедших предварительную очистку в фильтре. Недостаток такого способа траспортирования состоит в том, что известковое тесто, осевшее на дне цистерны, выбрасывается при ее очистке. Этот недостаток устраняется при применении вертикальных цистерн конической формы.

Транспортирование битумных материалов с температурой до 200 °С осуществляют автобитумовозами Д-642А, смонтированными на базе тягача ЗИЛ-130В1. Цистерна емкостью 7000 л имеет теплоизоляционный слой и оборудована двумя стационарными горелками для подогрева битума.

Для транспортировки железобетонных ферм (арочных, с параллельными поясами и подстропильных) длиной 12 и 18 м применяют универсальный полуприцеп-фермовоз УПФ-1218, а ферм длиной 18 и 24 м, высотой до 3,4 м — полуприцеп-фермовоз МАЗ-9998 и ПФ-2024.

Балки пролетного строения мостов длиной 12, 15, 18, 24 и 33 м транспортируют тягачом КрАЗ-252 или ЯЗ-210Г на двухосном прицепе-роспуске. Например, балки таврового сечения длиной 24 м массой 37,7 т можно перевозить на двух двухосных тележках Мосстроя-1 грузоподъемностью по 30 т каждая. Балку устанавливают в вертикальном положении и закрепляют жесткими связями. Во избежание появления в балке (в местах ее опирания на тележки) недопустимых изгибающих моментов в период транспортировки, величина консоли l не должна превышать 1,5 м для балки пролетом 24 м и 1,8 м для балки пролетом 33 м.

Для транспортировки ригелей, балок, колонн и свай длиной 12 м применяют универсальный раздвижной полуприцеп УПР-1212 и балковоз ПК-1824 грузоподъемностью соответственно 12 и 17,5 т. При необходимости перевозки панелей-оболочек, балок, колонн и свай длиной до 24 м используют полуприцеп-балковоз ПК-1824.

Плиты перекрытий, покрытий целесообразно перевозить в горизонтальном положении на плитовозах УПЛ-0906, ПЛ-1107 и УПЛ-1412 грузоподъемностью 9, 11 и 14 т.

Перевозку длинномерных лесоматериалов, металлических труб, арматурных стержней осуществляют самосвальным автопоездом с прицепом или плетевозом.

2.9. Охрана труда

Постоянные и временные дороги, сети электроснабжения, водоснабжения, пути движения кранов и других механизмов необходимо устраивать в соответствии с утвержденным генеральным планом. Все подъездные пути и дороги к строительной площадке и ко всем строящимся объектам должны быть построены до начала строительных работ. В местах пересечения с дорогами и проездами трубопроводы временных сетей водоснабжения и других коммуникаций не должны подвергаться повреждению и мешать проезду транспорта и проходу пешеходов. С учетом местных условий на строительной площадке устанавливают предельно допустимую скорость движения автомобилей, определяют места стоянки и разворотов транспортных средств.

Погрузочно-разгрузочные площадки должны быть спланированы с уклоном не более 5° и защищены от затопления поверхностными водами. В зимнее время года их необходимо регулярно очищать от снега и льда, а также посыпать песком, золой или шлаком.

При складировании и хранении на строительной площадке материалов, изделий необходимо укладывать их следующим образом: кирпич в пакетах и на поддонах — не более чем в два яруса, в контейнерах — в один ярус, без контейнеров — высотой не более 1,7 м; фундаментные блоки и блоки стен подвала — в штабель высотой не более 2,6 м, а стеновые блоки — в штабель в два яруса на подкладках и прокладках; стеновые панели — в кассеты или пирамиды; панели перегородок — в кассеты вертикально; плиты перекрытий, санитарно-технические и вентиляционные блоки — в штабель высотой не более 2,5 м на подкладках и прокладках; ригели и колонны — в штабель высотой до 2 м на подкладках и прокладках; плиточные материалы (асбестоцементные плиты, листы асбестоцементные волнистые и плиты асбестоцементные плоские) — стопы высотой до 1 м; черепицу, уложеную на ребро с прокладками, — в штабель высотой до 1 м; круглый лес — в штабель высотой не более 1,5 м, а трубы диаметром до 300 мм — в штабель высотой до 3 м с прокладками между рядами и установкой упоров против раскатывания; пиломатериалы — в штабель, высота которого при рядовой укладке не должна превышать половины ширины штабеля,

а при укладке в клетку — не более ширины штабеля; нагревательные приборы (радиаторы и др.) — в штабель высотой не более 1 м; стекло — в ящики и рулонный материал — вертикально в один ряд на прокладках; черный прокатный металл (листовую сталь, швеллер, двутавровые балки, сортовую сталь) — в штабель высотой до 1,5 м с подкладками и прокладками. При укладке сборных элементов в штабеля прокладки и подкладки должны быть плоские толщиной немного больше высоты выступающих монтажных петель.

Пылевидные материалы необходимо хранить в силосах, бункерах, ларях и других закрытых емкостях, принимая меры против распыления в процессе погрузки и выгрузки.

Погрузочно-разгрузочные работы должны выполняться механизированным способом с помощью кранов, погрузчиков и средств малой механизации (особенно при массе груза более 50 кг, поднимаемого на высоту более 3 м). В исключительных случаях разрешается переноска материалов на носилках по горизонтальному пути на расстояние не более 50 м, если при этом масса груза не превышает: 10 кг — для подростков женского пола 16...18 лет; 16 кг — для подростков мужского пола 16...18 лет; 20 кг — для женщин; 50 кг — для мужчин.

Перед началом смены механик гаража и водитель должны проверить техническое состояние каждого автомобиля, а у автосамосвалов — исправность кузова, подъемного механизма, состояние запорных приспособлений, исключающих самоопрокидывание кузова и открывание заднего борта.

Нельзя перевозить людей, в том числе грузчиков, в кузовах самосвалов, на прицепах и в цистернах, в кузовах бортовых автомобилей при транспортировании в них огнеопасных и ядовитых веществ, а также на автомобилях, оборудованных для перевозки длинномерных грузов или в кузовах, в которых уложенный груз превышает высоту бортов. Для перевозки рабочих необходимо использовать специально оборудованные грузовые бортовые автомобили (с сиденьями, тентом, лестницей для посадки и высадки людей, освещением внутри кузова).

Все виды перевозимых материалов и конструкций должны быть прочно закреплены. Баллоны с сжатым газом необходимо перевозить с предохранительными колпаками в автомобилях со специальными стеллажами, а в жаркое время года покрывать брезентом.

Транспортирование длинномерных материалов производят на прицепах с поворотным приспособлением (турникетом) со съемными или откидными стойками. Для перевозки круглого леса длиной более 4 м автомобили и прицепы оборудуют металлическими зубчатками.

Загрузка транспортных средств должна производиться с соблюдением условия, при котором верх перевозимого груза или конструкции не превышал бы габаритную высоту проездов под мостами, надземными переходами и в тоннелях.

Глава 3. ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

3.А. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

3.1. Виды земляных сооружений

Классификация. Земляные работы выполняют при строительстве любого здания или сооружения, а также при устройстве всех подземных коммуникаций, планировке и благоустройстве территорий. На выполнении земляных работ занято около 10 % от общей численности рабочих-строителей. Стоимость земляных работ при строительстве некоторых сооружений составляет в среднем 10...12 %, а трудоемкость — 16...18 %. В гражданском, промышленном и гидротехническом строительстве в 1980 г. в Советском Союзе было разработано 14,3 млрд. м^3 грунта. Выполнение такого объема земляных работ стало возможным при комплексной механизации на базе применения различных высокопроизводительных машин.

В зависимости от назначения и размеров возводимого сооружения, объема, срока и условий производства работ, вида грунта, расстояния транспортировки, необходимости планировки и способа уплотнения грунта применяют различные землеройные, землеройно-транспортные машины, а также механизмы для рыхления и уплотнения грунта. При планировке участков, ликвидации оврагов, затопляемых и заболоченных территорий, при устройстве водоемов, плотин, а также при расширении и углублении рек используют гидромеханический способ разработки и намыва грунта.

В городском строительстве различают постоянные и временные земляные сооружения. К *постоянным земляным сооружениям* относят: насыпи и выемки автомобильных дорог, транспортных пересечений в разных уровнях, земляные трибуны стадионов, плавательных бассейнов, искусственные водоемы, дамбы обвалования, регулирования рек и др. *Временными земляными сооружениями* считают все выемки, устраиваемые при строительстве подземных пешеходных переходов, коллекторов, транспортных туннелей, различных зданий, а также траншей для ленточных фундаментов и прокладки подземных коммуникаций.

При инженерной подготовке территории под застройку выполняются земляные работы, связанные с ликвидацией оврагов, заключением в коллекторы небольших рек, их притоков, водопонижением и с выполнением вертикальной планировки участка.

Требования, предъявляемые к земляным сооружениям. В зависимости от назначения земляного сооружения к нему предъявляют соответствующие требования. Например, насыпи автомобильных дорог должны обладать безосадочностью грунта и иметь устойчивые откосы. Водорегулирующие насыпи и плотины должны быть водонепроницаемыми и хорошо сопротивляться размывающему действию воды.

При строительстве постоянных земляных сооружений необходимо учитывать не только гидрогеологические и климатические ус-

ловия, но и минералогический, гранулометрический составы грунта, его плотность, пористость, влажность, сопротивление сдвигу, резанию, угол естественного откоса, а также способность грунта удерживать, дренировать и поглощать воду. При отрицательных температурах грунт не должен увеличиваться в объеме, а при увлажнении — уменьшаться.

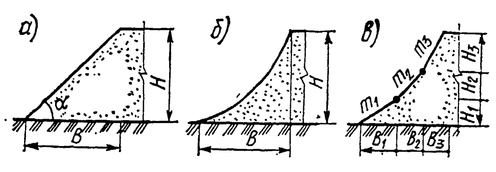


Рис. 3.1. Очертания откосов

Устойчивость земляного сооружения характеризуется крутизной откоса

$$H/B = i = \operatorname{tg} \alpha,$$

где H — высота откоса; B — заложение откоса; α — нормативный угол откоса.

В строительстве за показатель откоса принимают величину, обратную крутизне откоса,

$$B/H = 1/\operatorname{tg} \alpha = m,$$

где m — коэффициент откоса.

Откосы бывают прямолинейного, криволинейного и переменного очертаний. При невысоких насыпях (до 6 м) очертание откоса может быть прямолинейное (рис. 3.1, *а*). Постоянные земляные сооружения возводить с криволинейным очертанием откоса (рис. 3.1, *б*) трудоемко, поэтому при высоких насыпях (более 6 м) целесообразно откосу придавать переменное очертание (рис. 3.1, *в*). В нижних слоях насыпи, где частицы грунта подвергаются большому воздействию собственного веса вышележащего грунта, коэффициент откоса должен быть больше, чем в вышележащих слоях, т. е. $m_1 > m_2 > m_3$.

Постоянные земляные сооружения должны обеспечить устойчивость откосов на весь период их эксплуатации с учетом воспринимаемых нагрузок и атмосферных воздействий. Временные земляные сооружения должны обеспечить безопасные условия лишь на период выполнения последующих работ, поэтому крутизна их откосов бывает больше, чем постоянных сооружений.

Разрабатывать грунт при устройстве временных земляных сооружений (в котлованах и траншеях) с вертикальными стенками без их крепления резрешается только в грунтах естественной влажности, при отсутствии грунтовых вод и расположенных поблизости подземных сооружений. При этих условиях согласно СНиПу глубина выемки не должна превышать: 1 м — в насыпных и крупнообломочных грунтах; 1,25 м — в супесях; 1,5 м — в суглинках и глинах. При глубине выемки, превышающей вышеуказанные величины, грунт в траншеях и котлованах разрабатывают в соответствии со СНиП III-4—80, табл. 4.

При разработке грунта объем его в рыхлом состоянии всегда больше объема грунта в плотном теле. Увеличение объема грунта характеризуется коэффициентом первоначального $k_{п.р}$ и остаточного разрыхления $k_{о.р}$

$$k_{п.р} = V_{р.г}/V_0 > 1; \quad k_{о.р} = V_{у.г}/V_0 > 1,$$

где $V_{р.г}$ — объем разрыхленного грунта (без искусственного уплотнения); V_0 — объем грунта в плотном (естественном) состоянии; $V_{у.г}$ — объем уплотненного грунта.

Коэффициенты первоначального и остаточного разрыхления всегда больше единицы и изменяются в зависимости от вида грунта: чем более связный и плотный грунт, тем большее их значение. Например, для песчаных грунтов $k_{п.р}$=1,1...1,17, суглинистых — 1,18... 1,24, глинистых — 1,24...1,32 и скальных пород — 1,45...1,5. Для песчаных грунтов $k_{о.р}$=1,02...1,05, суглинистых — 1,03...1,06, глинистых — 1,04...1,09 и скальных — 1,20...1,30. Для практических целей первоначальное и остаточное разрыхление грунтов указывают в процентах.

Таблица 3.1. **Наибольшая допустимая крутизна откоса траншей и котлованов в грунтах естественной влажности**

Вид грунта	Крутизна откоса H/B при глубине выемки, м, не менее		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	1/0,67	1/1	1/0,25
Песчаные и гравийные	1/0,5	1/1	1/1
Супесь	1/0,25	1/0,67	1/0,85
Суглинок	1/0	1/0,5	1/0,75
Глина	1/0	1/0,25	1/0,5
Лёссы и лёссовидные	1/0	1/5	1/0,5

Примечания: 1. При напластовании различных видов грунтов крутизну откоса для всех пластов надлежит назначать по более слабому виду грунта.

2. К насыпным грунтам относятся грунты, пролежавшие в отвалах менее 6 мес и не подвергавшиеся искусственному уплотнению (проездом, укаткой и т. п.).

В котлованах и траншеях глубиной более 5 м, а также при наличии неблагоприятных гидрологических условий и грунтов, не предусмотренных табл. 3.1, крутизна откосов устанавливается в проекте по расчету.

3.2. Основные правила возведения постоянных земляных сооружений

Строительство постоянных земляных сооружений осуществляют на скальных и нескальных грунтах. Нескальные грунты состоят из песчаных, пылеватых и глинистых частиц. Состав и свойства грунтов зависят от процентного содержания этих частиц. Если грунт содержит более 80 % песчаных частиц и менее 5 % глинистых, то его называют песчаным. Супесчаный грунт содержит более 50 %

песка и 3...12 % глины. Суглинистый грунт содержит 12...33 % глинистых частиц, а глинистый — более 33 %.

При строительстве насыпей наиболее пригодными являются дренирующие грунты: скальные, гравийные и песчаные. Если имеются местные, слабо дренирующие (супеси, легкие суглинки) и недренирующие грунты (тяжелые суглинки и глины), то применение их для устройства насыпей возможно при естественной влажности. Откосы насыпи из меловых, тальковых и трепельных грунтов покрывают слоем недренирующих грунтов не менее 1,5 м.

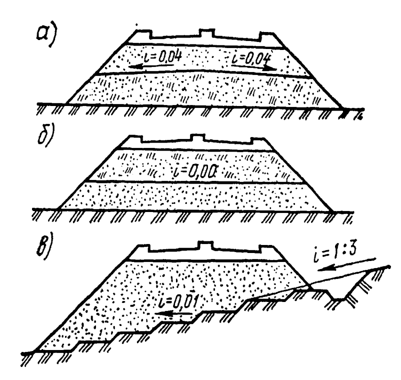


Рис. 3.2. Устройство насыпи скоростной городской магистрали

Возведение насыпей высотой до 2 м из глинистых грунтов на переувлажненных основаниях возможно при предварительном его осушении или отсыпки нижнего слоя насыпи из дренирующего материала. Нельзя использовать для устройства насыпей грунты илистые, торфяные, глинистые и пылеватые суглинки в замерзшем состоянии, а также грунты, содержащие более 8 % легкорастворимые в воде хлористые соли и более 5 % сульфатные соли. При высоком уровне стояния грунтовых вод или наличии поверхностных вод для возведения насыпи автомобильной дороги не применяют лёссовые грунты, а также грунты со способностью высокого капиллярного поднятия. Для отсыпки пойменных частей и периодически подтопляемых насыпей нельзя применять дерн, котельные шлаки, твердые и сланцевые глины, а также грунты с содержанием гипса более 5 %.

Насыпи необходимо возводить из однородного грунта, отсыпая его горизонтальными слоями на полную ширину земляного сооружения. Толщина отсыпаемого слоя определяется группой грунта и способом уплотнения. Если насыпь устраивают из неоднородного материала и в ее основании размещают менее дренирующий грунт, то его поверхность должна иметь поперечный уклон не менее 0,04 в сторону откосов или водоотводящих устройств (рис. 3.2, *а*). При расположении в верхней части насыпи менее дренирующего грунта поверхность основания, выполненного из более дренирующего грунта, должна быть горизонтальной (рис. 3.2, *б*). Дренирующий грунт откосов не должен покрываться менее дренирующим грунтом.

При устройстве насыпи не допускается искусственное смешение глины с песком. Неоднородные грунты, состоящие из песка, суглинка и гравия, применяют для устройства насыпей в виде естественной карьерной смеси. На местности с уклоном менее 1 : 10 при наличии сухого основания и обеспеченном стоке поверхностных вод, насыпи устраивают непосредственно на естественной поверхности грунта. При строительстве насыпи на косогоре с крутизной 1 : 5...1 : 3 в ее

основании необходимо устраивать уступы (рис. 3.2, *в*). Если на поверхности косогора имеются дренирующие грунты (рыхлые пески, гравий, галька, обломки слабовыветривающихся пород и др.), не покрытые растительностью, уступы не устраивают.

Для предохранения от размыва водой откоса насыпи, берега реки, водоема можно устраивать каменную наброску по откосу или укладывать железобетонные плиты. В этом случае при глубине воды до 2 м крутизна откоса наброски должна быть 1 : 1, при глубине 2...6 м — 1 : 1,5 и свыше 6—1 : 2.

Для обеспечения устойчивости земляного полотна на заболоченных участках необходимо произвести осушение с помощью закрытой или открытой системы водоотвода и дренажа, заменить торфяной грунт водоустойчивым, если толщина торфяного слоя не превышает 3 м на дорогах скоростного движения и магистральных улицах, а в остальных случаях до 2 м. При большей толщине залегания торфа необходимо предусматривать вертикальные песчаные дрены или устраивать дорожные одежды на искусственных основаниях.

Строительство улиц и площадей в районах засоленных, карстовых и плывунных грунтов, а также на оползневых склонах необходимо вести с соблюдением специальных мероприятий по обеспечению устойчивости земляного полотна.

3.Б. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

3.3. Состав подготовительных и вспомогательных работ

Подготовительные работы выполняют до начала возведения здания или сооружения. Если строительство осуществляют на реконструируемой территории города, то предварительно необходимо: отсоединить в сносимых зданиях сети энергоснабжения, водопровода, газопровода, теплосети; пересадить существующие деревья и кустарники, попадающие в зону разработки грунта; разобрать старые здания; вывезти с территории строительства ненужный строительный материал; построить временные подъездные пути для автотранспорта; построить временные сооружения — контору производителя работ, столовую, раздевалки, душевые, санузел, склады для хранения строительных материалов, инструментов, временные мастерские, навесы и т. д.; в реконструируемом квартале под временные сооружения можно использовать часть сносимых зданий; в новом микрорайоне целесообразно сначала построить (без отделочных работ) детский сад, ясли или отдельно стоящие магазины, в которых на период застройки квартала могут разместиться все бытовые помещения.

При строительстве линейных сооружений (подземных коллекторов, различных трубопроводов, городских улиц, транспортных пересечений в разных уровнях) для бытовых и служебных помещений используют автофургоны.

К подготовительным работам относятся также линии временного водоснабжения и энергоснабжения с подводкой энергии к местам

установки всех механизмов, а также к месту укладки бетона; устройство временного ограждения объекта строительства.

В процессе основных строительных работ выполняют вспомогательные работы: предварительное рыхление плотных грунтов, подлежащих разработке скреперами, или мерзлых грунтов, разрабатываемых в зимних условиях; послойное уплотнение грунтов по мере их отсыпки в постоянные земляные сооружения: водоотвод, водоотлив или понижение уровня грунтовых вод; искусственное закрепление грунтов различными способами; временное крепление вертикальных стенок траншей и котлованов.

3.4. Привязка и разбивка зданий и сооружений

Строительство здания или сооружения начинают с привязки его к спланированной плоскости с разбивкой и закреплением на обноске всех продольных и поперечных осей. Местоположение здания в плане квартала определяют относительно красных линий застройки. Например, в квартале необходимо построить здание 1 (рис. 3.3, *а*). Для этого в плане квартала находят точку *О*, т. е. точку взаимного пересечения продольной оси *А—А* с поперечной осью *12—12*, удаленную от красных линий застройки на величину l_1 и l_2. Оси *12—12* и *А—А* проводятся к красным линиям застройки под углами α_1, α_2 и закрепляются на местности. Привязав таким образом угол строящегося здания в точке *О* к красным линиям застройки, приступают к разбивке здания, т. е. к вынесению на обноску всех продольных и поперечных осей. Для правильного размещения обноски вокруг котлована необходимо знать его размеры по верху, зависящие от глубины выемки и величины коэффициента откоса.

Вертикальную привязку здания производят к горизонтальной плоскости, проходящей через геодезический репер, отметку которого переносят на строительную площадку с помощью нивелира и закрепляют на ближайшем существующем здании или на металлической трубе, прочно закрепленной в грунте.

Вертикальные отметки в строящемся здании определяют относительно условной горизонтальной плоскости с отметкой ±0,00, проходящей в уровне пола 1-го этажа (рис. 3.3, *в*). Все вертикальные отметки точек, расположенные ниже этой плоскости, берут со знаком «—», а выше — со знаком «+». Относительная отметка ±0,00 соответствует абсолютной отметке, которая указывается в чертежах проекта.

Привязку здания в вертикальной плоскости необходимо производить в точке O_1, т. е. в точке, имеющей минимальное возвышение цоколя ($h_{\text{ц min}}$) над спланированной плоскостью. В сечении *А—А* (рис. 3.3, *б*) по данным рабочего проекта определяют глубину котлована с отметкой $h_{1\min}$ и отметку подошвы фундамента — $h_{2\min}$.

В точке O_2, т. е. в точке взаимного пересечения осей *1—1* и *А—А*, опускают отвес на поверхность земли в котловане и забивают колышки. От осей, например, *В—В* и *А—А* необходимо отложить вправо и влево половину ширины фундаментного блока. Как част-

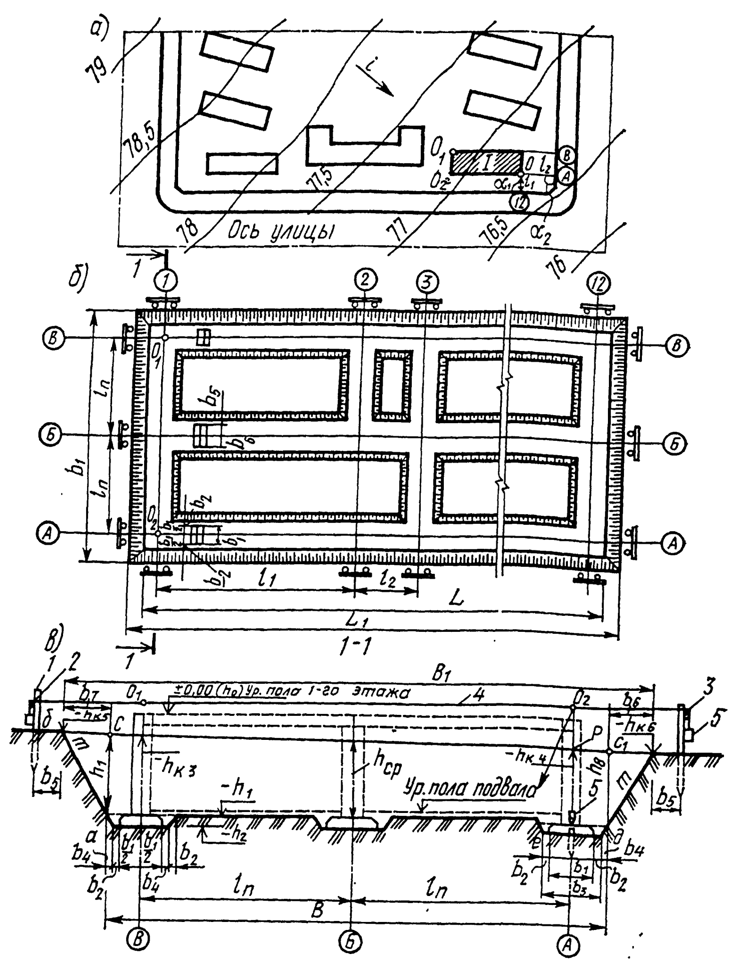


Рис. 3.3. Разбивка и привязка здания:

а — привязка к красным линиям застройки; *б* — закрепление осей на обноске; *в* — вертикальная привязка здания; *1* — стойка; *2* — доска; *3* — гвоздь; *4* — проволока; *5* — груз

ный случай на рисунке показано симметричное расположение плит фундамента относительно разбивочных осей, т. е. вправо и влево отложена величина $b_1/2$. Поскольку экскаватор не может разработать грунт в основании котлована или траншеи точно по прямой линии, ширину выемки необходимо увеличить на величину $2b_2$ (согласно СНиП III-8—76 величину b_2 принимают равной 10 см).

Красные отметки в точках *n—p*, т. е. — $h_{к3}$ и $h_{к4}$, определяют из проекта вертикальной планировки. Взаимное пересечение плоскостей откоса с планировочной плоскостью в точках *б* и *г* определяет ширину котлована по верху. Красную отметку ($-h_{к5}$) на спланированной плоскости в точке *б* находят на расстоянии от оси *В*, рав-

ном $b_1/2+b_2+b_4+b_7$. Аналогично определяют ширину котлована по верху во всех сечениях, где изменяется глубина котлована или имеется резкий перепад рельефа местности. Если возводимое здание располагают на участке насыпи, то глубину котлована следует определять относительно поверхности земли. Подсыпку грунта до красных отметок спланированной плоскости производят после окончания строительства нулевого цикла.

В удалении от бровки котлована на 1...2 м (b_5) устанавливают обноску, которая может быть сплошная или прерывистая. Первая из них создает неудобства автосамосвалам, транспортирующим грунт из котлована, поэтому в большинстве случаев применяют второй тип обноски. В конструктивном отношении обноска может быть деревянной и металлической. Достоинство металлической обноски — удобна в работе и монтаже, легко демонтируется и имеет многократную оборачиваемость.

При строительстве любого здания или сооружения основы разбивки остаются те же, какие были изложены выше. До начала строительства, например, подземного коллектора или трубопровода намечается его трасса с закреплением на местности характерных точек продольного профиля. Ось трубопровода или подземного коллектора необходимо привязать к красной линии застройки.

3.5. Водопровод, водоотлив и искусственное понижение грунтовых вод

Водоотвод применяют для защиты котлованов и траншей от попадания в них поверхностных вод путем устройства нагорных водоотводных канав или оградительных обвалований. Водоотлив используют при незначительном притоке грунтовой воды в котлован или траншею (открытый способ водоотлива). Разработку грунта при этом ведут с обеспечением продольного уклона дна траншеи, а в котловане — водоотводным канавам, устроенным по его периметру с уклоном более 0,003. В нижней части выемки вода собирается в приямок, а из него насосом удаляется в городской водосток. Искусственное понижение уровня грунтовых вод производят до начала и в период разработки грунта в котловане или траншее. Для водопонижения применяют: легкие иглофильтровые установки; эжекторные иглофильтры; водопонижающие скважины, оборудованные глубинными насосами; установки, оборудованные горизонтальными водоприемниками; самоизливающиеся скважины; скважины, сбрасывающие воду в специальные выработки. Выбор установок зависит от размеров котлована или траншеи, интенсивности притока воды, коэффициента фильтрации грунтов, продолжительности водопонижения, а также способа производства работ.

При водопонижении или водоотливе не должно происходить вымывания грунта или нарушения его природных свойств в основании вблизи расположенных наземных и подземных сооружений, а также в возводимых зданиях. Устойчивость откосов выемки в период водопонижения не должна нарушаться.

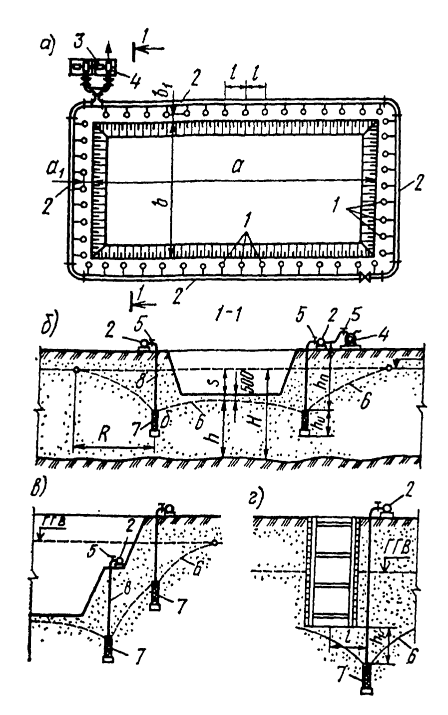


Рис. 3.4. Схемы водопонижения иглофильтровой установкой:

а — план котлована с размещением иглофильтров; *б* — поперечное сечение котлована; *в* — двухъярусная иглофильтровая установка; *г* — одностороннее расположение иглофильтров; *1* — иглофильтровые звенья; *2* — водосборный коллектор; *3* — пробковый кран; *4* — самовсасывающий вихревой насос; *5* — электродвигатель; *6* — депрессионная кривая; *7* — фильтровое звено; *8* — надфильтровая труба

В городском строительстве для временного понижения уровня грунтовых вод в песчаных и супесчаных грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 1,5... 2 м/сут широко применяют легкие иглофильтровые установки (ЛИУ), состоящие из трех основных узлов: иглофильтровых звеньев *1* (рис. 3, 4, *а*), водосборного коллектора *2* и самовсасывающего вихревого насоса *4* с электродвигателем *3*. Водосборный коллектор устанавливают на опорах по спланированной поверхности с уклоном от насоса не менее 0,005. Расстояние между иглофильтровыми звеньями зависит от интенсивности притока воды, свойств грунта, требуемой глубины понижения, определяемой по специальным номограммам (Справочник по земляным работам ЦНИИОМТП). При необходимости понижения уровня грунтовых вод, например, на 4 м в среднезернистом песке расстояние между иглофильтрами принимают 1,5 м, а в пылеватом песке — 1,15 м. Поскольку водосборные коллекторы имеют приваренные патрубки через 0,75 м, расстояние между иглофильтровыми звеньями берется кратным этой величине. Для понижения уровня грунтовых вод на проектную величину производительность насоса необходимо подобрать по интенсивности притока воды.

Приток воды (м³/с) к замкнутым иглофильтровым установкам

$$q = 1{,}36(2H - S)Sk/(\lg R - \lg R_1),$$

где H — мощность водоносного пласта, т. е. высота уровня грунтовой воды над водоупором до понижения уровня грунтовых вод, м (рис. 3.4, *б*); S — проектная величина понижения уровня грунтовых вод в котловане, м; k — коэффициент фильтрации грунта, м/сут; R — радиус влияния водопонижения иглофильтровой установки, м; $R_1 = \sqrt{A_к/\pi}$ — радиус приведенного круга, площадь которого равна площади котлована $A_к$, огражденного иглофильтрами, м.

Радиус влияния водопонижения иглофильтровой установки (формула И. К. Кусакина)

$$R = 575S\sqrt{Hk}.$$

Чтобы исключить вынос частиц грунта при водопонижении, необходимо соблюдать условие, при котором расчетная производительность одной скважины $q_{скв}$ не должна превышать допустимую предельную производительность, т. е.

$$q_{скв} \leqslant 200 l_ф d \sqrt[3]{k},$$

где $l_ф$ и d — длина и диаметр смоченной части фильтра.

Для обеспечения эффективной работы иглофильтровых звеньев их необходимо располагать на глубине не менее 3 м от поверхности земли. В этом случае устраняется прорыв атмосферного воздуха через вакуумные концентрические скважины.

Общее количество иглофильтровых звеньев, размещаемых вокруг котлована

$$n = 2(a + 2a_1 + b + 2b_1)/l,$$

где a — длина котлована по верху, м; b — ширина котлована по верху, м; $a_1 = b_1$ — расстояние от бровки котлована до иглофильтрового звена, обычно принимают 0,5...1 м.

С помощью одноярусной иглофильтровой установки можно понизить грунтовые воды на глубину до 6 м. При необходимости понижения уровня грунтовых вод на глубину 10...12 м принимают двухъярусную установку (рис. 3.4, *в*); на глубину до 20 м — эжекторную иглофильтровую установку; на глубину более 20 м — глубинный насос, располагаемый внутри фильтрационных скважин-колодцев.

Для защиты узких траншей от затопления грунтовой водой иглофильтровые звенья располагают с одной стороны выемки (рис. 3.4, *г*) на расстоянии от оси траншеи не более $l = 2{,}5$ м. Глубина погружения звеньев зависит от глубины и ширины выемки, а также от других, указанных выше, условий. С учетом всех этих данных иглофильтровые звенья должны находиться на такой глубине, чтобы депрессионная кривая проходила ниже дна котлована на 300... 500 мм. Если система водопонижения располагается с одной стороны траншеи, то звенья погружаются ниже дна траншеи на $h_1 = 1...$ 1,5 м. Для понижения уровня грунтовых вод в широких траншеях и при наличии грунтов с незначительным коэффициентом фильтрации иглофильтровые звенья располагают с двух сторон траншеи.

Погружение звеньев в грунт на необходимую глубину производят гидравлическим способом. Для этого иглофильтр ставят вертикально на поверхность грунта или в предварительно пробуренную скважину глубиной до 1 м. К надфильтровой трубе 2 (рис. 3.5 *а*) присоединяют гибкий прорезиненный шланг *1*, по которому подают воду под напором 0,3...0,5 МПа от городской сети водопровода или специальным насосом.

Фильтровое звено состоит из внутренней трубы *4* диаметром 38 мм (рис. 3.5, *б*) и наружной перфорированной трубы *5* диаметром 50 мм. По наружной трубе спирально намотана нержавеющая проволока или промасленный пеньковый жгут *6*, сверху которого натянута фильтрационная сетка *7*. Чтобы продлить срок службы

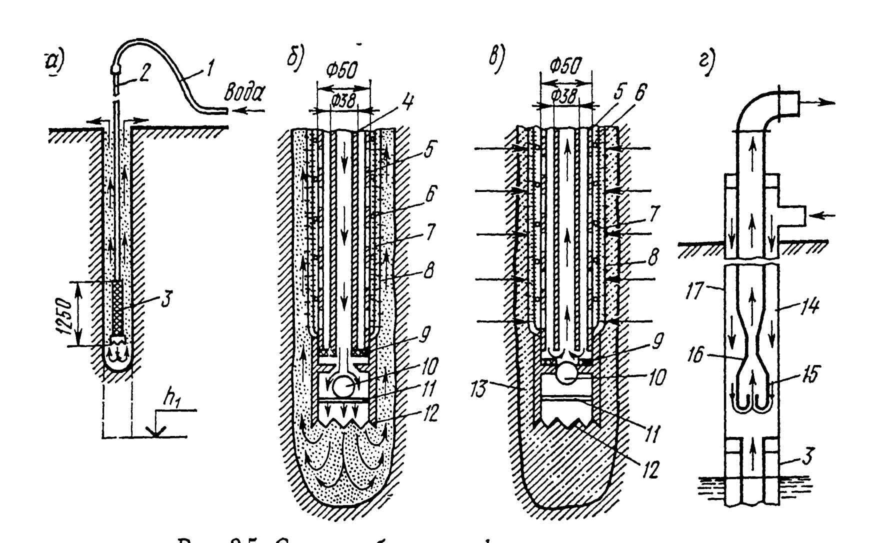


Рис. 3.5. Схемы работы иглофильтровых звеньев:
а — общий вид; *б* — период погружения иглофильтрового звена в грунт; *в* — период водопонижения; *г* — эжекторный иглофильтр

звена, применяют фильтрационную сетку из оцинкованной, стальной, латунной, медной проволоки, нержавеющей стали, а также синтетическую (из поливинилхлорида, винипласта и стеклянного волокна). Сверху фильтрационная сетка защищена от механических повреждений стальной сеткой *8*. Фильтровое звено в своей нижней части имеет кольцевой клапан *9*, шаровой клапан *10* с ограничителем *11* и зубчатый наконечник *12*. В период погружения звена с размывом грунта кольцевой клапан *9* закрывает зазор между внутренней и наружной трубами, а шаровой *10* — открывает нижнее отверстие. Вода, вытекая из насадки под напором, размывает в основании грунт, выносит его на поверхность земли, а иглофильтровое звено под действием собственной массы опускается до проектной отметки. По окончании погружения зазор между иглофильтровым звеном и стенкой грунта засыпают гравийно-песчаной смесью *13*, образующей вокруг сетки дополнительный гравийно-песчаный фильтр. В верхней части надфильтровой трубы (не менее 1 м от поверхности земли) устраивается глиняный тампон.

В период откачки воды из грунта положение клапанов изменяется. Под действием вакуума, создаваемого в центральной трубе, шаровой клапан 10 закрывает нижнее отверстие (рис. 3.5, *в*), а кольцевой клапан *9* открывает зазор между внутренней и внешней трубой. Вода в это время проходит через фильтрационную сетку, перфорированную трубу и по затрубному пространству попадает в центральную часть иглофильтра, откуда поступает в водосборный коллектор.

Понижение грунтовой воды на глубину до 20 м производится эжекторными иглофильтрами. Для этого к обычному иглофильтровому звену внутри надфильтровой трубы вставляют дополнитель-

ную трубу с эжекторным устройством (рис. 3.5, *г*). Принцип работы эжектора состоит в том, что по затрубному пространству центробежным насосом подается вода под давлением 0,7...0,8 МПа. в нижней части надфильтровой трубы *14* вода подается в насадку эжектора *15*, проходит суженный участок *16* и при выходе из него с большой скоростью образует в трубе *17* разрежение, благодаря которому из иглофильтрового звена *3* подсасывается грунтовая вода.

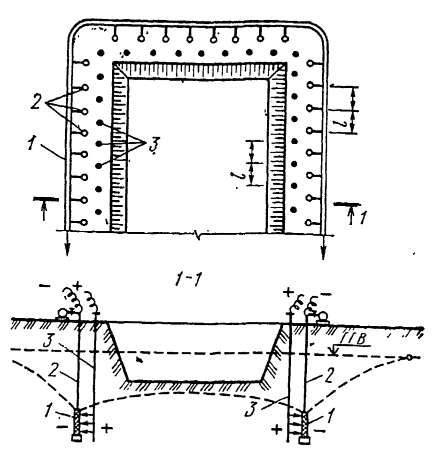


Рис. 3.6. Электроосушение грунта

В глинистых и суглинистых грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,05 м/сут обычная иглофильтровая установка мало эффективна. В этом случае целесообразно применять способ электроосушения с использованием явления электроосмоса, возникающего в результате пропуска постоянного тока между электродами, погруженными во влажный глинистый грунт. Ускоренное передвижение воды в сторону иглофильтровых звеньев объясняется направленным движением постоянного тока от анода «+» к катоду «—». Анодом являются металлические стержни *3* (рис. 3.6,) или трубы, а катодом — иглофильтровые звенья *1* с надфильтровой трубой *2*. В результате пропуска постоянного тока в слое грунта между иглофильтрами и стержнями электрические силы препятствуют притоку воды в котлован.

Иглофильтры устанавливают по периметру котлована в удалении от его бровки на 1...1,5 м. Расстояние между ними определяют расчетом и принимают в среднем l=1,5 м. Анодные стержни размещают в ряду параллельно иглофильтрам в шахматном порядке на расстоянии от них 0,8 м. Иглофильтровые звенья и анодные стержни погружают в грунт на 2...3 м ниже дна котлована. При электроосушении 1 м^3 грунта расход электроэнергии составляет 2...10 кВт·ч. Вследствие большого расхода электроэнергии этот способ не нашел широкого распространения в городском строительстве.

Постоянное водопонижение обеспечивается специальными дренажами, которые устраивают вокруг одного или группы зданий, расположенных в квартале или микрорайоне. Наибольшее распространение получили дренажи закрытого типа с применением асбестоцементных, керамических и бетонных труб d=100...200 мм. В трубы вода поступает через незаделанные стыки, прорези толщиной 3...7 мм и отверстия d=8...10 мм. Лучший приток воды в дренаж достигается с применением перфорированных асбестоцементных труб с муфтами в стыках или без них. Для эффективного водопонижения трубы по длине обсыпают дренирующим материалом: сначала гравием или щебнем d=3...15 мм, затем песком d=0,3...

2 мм, а сверху мелкозернистым песком $d=0{,}1...0{,}5$ мм. Остальная часть траншеи засыпается разработанным (местным) грунтом. Верх последнего слоя песка в траншее должен находиться на 30 см выше горизонта грунтовых вод.

Дренажи с фильтрационной обсыпкой трудоемки и дороги, поэтому в последнее время начали применять трубофильтры, сделанные из пористых материалов — керамзитобетона, керамзитостекла и пористого бетона. Звенья трубофильтров соединяют между собой гибкими пластмассовыми вставками, позволяющими легко укладывать трубы и на кривых участках трассы. Керамзитовые трубы необходимо укладывать ниже глубины промерзания грунта и вне агрессивной среды. При устройстве трубофильтров отпадает необходимость применения дорогостоящей обсыпки. Сами стенки пористых труб выполняют функции дренирующего материала.

3.6. Стабилизация грунтов

Искусственное закрепление грунта может быть постоянным и временным. Постоянное закрепление грунта и трещиноватых скальных пород производят для повышения их несущей способности, устойчивости или придания им водонепроницаемости. Такие работы выполняют при устройстве и укреплении оснований как существующих, так и возводимых зданий и сооружений.

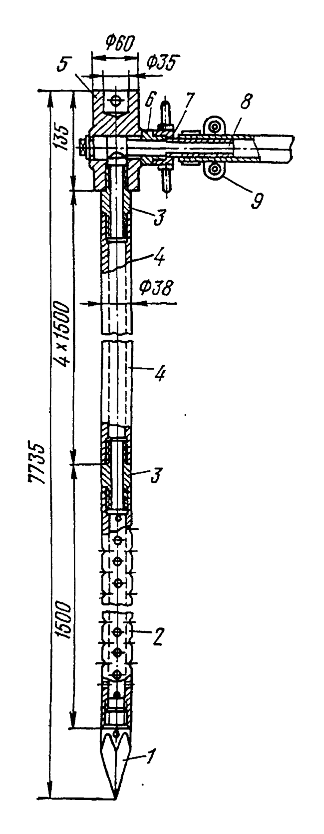
В соответствии с рекомендациями СНиП III-9 — 74 постоянное и временное закрепление мелких пылеватых песков и лёссов можно производить следующими способами: силикатизации, смолизации, цементации, битумизации, глинизации и термического закрепления.

Способ двухрастворной силикатизации применяют для закрепления песчаных сухих и водонасыщенных песков с коэффициентом фильтрации 2...50 м/сут. Сначала в грунт под давлением до 1,5 МПа нагнетают через инъекторы (рис. 3.7) жидкое стекло — силикат натрия, а затем отвердитель — раствор хлористого кальция заданной концентрации. В зависимости от размера площади закрепления грунта инъекторы располагают (в плане) в шахматном порядке в несколько рядов. Расстояние между рядами инъекторов определяется из выражения $d=1{,}5$ ч, а между инъекторами в ряду $d=1{,}73\,r$, где r — радиус закрепления от одного инъектора (в зависимости от коэффициента фильтрации грунта $r=0{,}3...1$ м).

Порядок закрепления грунта по вертикали зависит от вида грунта и его однородности. В однородных грунтах закрепление производят заходками сверху вниз, а если коэффициент фильтрации с глубиной увеличивается, то снизу вверх. В неоднородных слоистых грунтах, где один слой отличается от другого по коэффициенту фильтрации более чем на 30 %, нагнетание химических растворов осуществляют послойно, начиная со слоя с большим коэффициентом фильтрации. Погружение инъекторов ведут забивкой их в грунт с помощью пневматических молотков или дизель-молота ДБ-45. По окончании работ по стабилизации инъекторы извлекают из

Рис. 3.7. Инъектор для силикатизации песков и лёссов:

1 — наконечник; *2* — перфорированное звено; *3* — соединительный ниппель; *4* — глухое звено; *5* — нагольник; *6* — ниппель-нагольник; *7* — соединительная гайка; *8* — штуцер; *9* — хомутик



грунта теми же механизмами, какие применяли для их забивки. При укреплении песчаных и лёссовых грунтов инъекторы забивают на глубину до 15 м, а при бóльшей глубине — в предварительно пробуренные скважины до отметки на 2...3 м выше зоны закрепления грунта.

Способом однорастворной силикатизации осуществляют закрепление мелких пылеватых сухих и водонасыщенных песков с коэффициентом фильтрации 0,5...5 м/сут. Для этого в грунт нагнетают гелеобразную смесь жидкого стекла и фосфорной кислоты или жидкого стекла, серной кислоты и сернокислого глинозема. При однорастворном способе силикатизации лёссовых грунтов с коэффициентом фильтрации 0,1...2 м/сут, залегающих выше уровня грунтовых вод, применяют раствор жидкого стекла. Нагнетание раствора в грунт производят равномерно с расходом 1...5 л/мин при давлении не более 1,5 МПа при силикатизации песков и 0,5 МПа при силикатизации мелких пылеватых песков и лёссов.

Способ смолизации применяют для закрепления мелких песчаных грунтов путем нагнетания через инъекторы гелеобразующей смеси, приготовленной из разбавленного раствора карбамидной смолы и раствора соляной кислоты.

Способ горячей битумизации применяют в качестве вспомогательного способа к цементации кавернозных скальных пород при большой скорости грунтовых вод. В пробуренные скважины, оборудованные специальными инъекторами, нагнетают насосом горячий битум марок БН-III и БН-V под давлением до 5...8 МПа. Нагнетание битума производят в несколько циклов с постепенным увеличением давления. Чтобы исключить растекание и вынос битума напорными водами на большое расстояние от скважины, нагнетание битума производят в несколько этапов с перерывами, которые необходимы для остывания битума до температуры, резко снижающей его подвижность. На первом этапе нагнетание идет при давлении не выше 0,2...0,3 МПа. Перед каждым последующим циклом битум, находящийся в скважине, разогревают электронагревателями инъектора в течение 1...2 ч. Нагнетание битума в скважину прекращают, если не наблюдается поглощение битума при повторных

циклах нагнетания; при отсутствии существенного снижения давления после прорыва битумных пробок; при невозможности ликвидации прорыва битума на поверхность и при обнаруженных деформациях грунта.

Для закрепления песчаных грунтов целесообразно применять холодную жидкую битумную эмульсию, обладающую хорошей проницаемостью.

Способ цементации и глинизации применяют для закрепления трещиноватых, кавернозных скальных, песчаных и гравелистых грунтов в основании зданий и сооружений, а также для устройства противофильтрационных завес. В этом случае в скважину через инъекторы нагнетают тампонажные растворы (цементные суспензии, цементные растворы с добавлением глины, песка, суглинка и других инертных материалов). Глубину скважин и расстояние между ними определяют расчетом. В зависимости от вида грунта средний диаметр закрепления грунтов цементацией принимают: в трещиноватых скальных грунтах — 2,5...3 м, в крупнозернистых песках — 1...1,5 м и в среднезернистых песках — 0,6...1 м.

С учетом принятой технологии цементации, глубины скважин, уровня грунтовых вод выбирают способы бурения скважин, их наклон и диаметр. Для лучшего проникания раствора в поры и трещины грунта по окончании бурения скважины промывают водой или продувают воздухом. В неустойчивых породах грунта бурение производят с применением обсадных труб, а в цементируемой зоне — перфорированных обсадных труб.

После гидравлического опробования скважины при давлении, установленном в проекте, сразу же начинают цементацию и ведут ее непрерывно в течение всего периода нагнетания до отказа поглощения раствора. Моментом отказа называется период, когда снижается расход раствора в нагнетаемую зону до величины, не превышающей 0,5 л/мин в течение 20 мин при заданном предельном давлении.

Для нагнетания в грунт тампонажных растворов применяют двухпоршневые грязевые насосы двустороннего действия, создающие давление 3...8 МПа с расходом 100...300 л/мин. Для нагнетания в инъекторы очень густого раствора с песком при проектном давлении не свыше 0,6...0,8 МПа целесообразно использовать диафрагмовые насосы.

При цементации грунта в зимнее время установку для нагнетания раствора располагают в отапливаемом помещении. Температура нагнетаемого раствора при входе в скважину должна быть не ниже 5 °С, а цементируемых пород грунта — не ниже 1 °С.

Способ термического закрепления лёссовых грунтов производят путем нагнетания раскаленных газов по порам закрепляемого грунта, в результате чего происходит его обжиг. При термическом закреплении грунта делают скважину, внутрь которой под давлением через жароупорные трубы подают топливо (газообразное или жидкое) и воздух, нагретый до требуемой температуры в специальных нагревательных агрегатах. Подогретый сжатый воздух по-

ступает в скважину для увеличения эффективности термической обработки, усиления фильтрации продуктов горения и горячего воздуха по порам грунта, а также для ускорения и регулирования процесса обжига. Избыточное давление в скважине создается за счет герметизации в ее устье и уменьшения газопроницаемости верхней зоны грунта путем бетонирования, глинизации, устройства защитных козырьков или поверхностного уплотнения грунта. Глубину скважины и диаметр термически закрепляемого грунтового столба определяют расчетом, но минимальный диаметр должен быть не менее 1,5 м. Чтобы избежать оплавления обжигаемого грунта, максимальная температура газов в скважине должна быть меньше температуры плавления грунта, расположенного по высоте скважины (не более 1100 °С). Регулирование температуры газов в скважине производят изменением количества подаваемого воздуха.

3.7. Искусственное замораживание грунтов

При разработке неустойчивых водонасыщенных грунтов делают временное искусственное их замораживание. Для образования вокруг выемки льдогрунтовой водонепроницаемой стенки (рис. 3.8) по периметру будущего котлована устанавливают в скважины замораживающие колонки. Глубину погружения определяют из условия, чтобы конец замораживающей колонки *4* частично зашел в водоупорный слой *5*. Если водоупорный слой располагается глубоко, то замораживание грунта производят по площади дна котлована.

Расстояние между замораживающими колонками определяют в зависимости от вида грунта, интенсивности притока воды, глубины льдогрунтовой стенки, температуры воздуха, грунта и принимают в среднем $l=1...1,5$ м при однорядном расположении, а между рядами при многорядном расположении — 2...3 м. Радиус промерзания грунта от одной колонки должен перекрывать зону промерзания грунта до соседней колонки. При этом условии образуется сплошная льдогрунтовая стенка, защищающая котлован от проникания в него грунтовых вод.

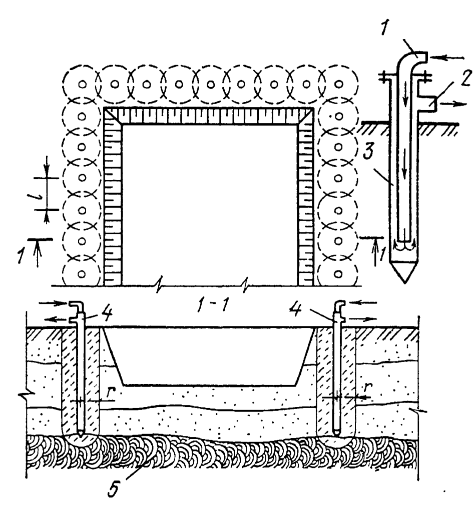


Рис. 3.8. Искусственное замораживание грунтов

Замораживающая колонка состоит из внешней замораживающей *3* и внутренней питающей *1* труб. От аммиачных холодильных машин к внутренним трубам замораживающих колонок подают в качестве хладоагента аммиак, охлаждающий рас-

твор хлористого кальция или хлористого натрия с температурой минус 20...25 °С. Проходя снизу вверх по внешней трубе, рассол замораживает грунт и при температуре примерно минус 8...10 °С возвращается к холодильной установке через патрубок *2*. В работу включаются все замораживающие колонки одновременно. Когда образуется льдогрунтовая стенка нужных размеров, в дальнейшем обеспечивается только замороженное состояние грунта по заданному режиму. При разработке грунта в летних условиях льдогрунтовую стенку необходимо защищать от действия солнечных лучей и атмосферных осадков, а трубопроводы и испарители должны иметь теплоизоляцию. По окончании всех строительных работ в выемке производится оттаивание замороженного грунта естественным или искусственным способом. Искусственное оттаивание грунта осуществляют путем циркуляции в колонках теплоносителя с температурой 50...70 °С. После извлечения замораживающих колонок скважины должны быть затампонированы.

В городских условиях при строительстве подземных коммуникаций в сложных гидрологических условиях применяют передвижную низкотемпературную станцию (ПНС), разработанную НИИ оснований и подземных сооружений Госстроя СССР совместно с Управлением дорожно-мостового строительства Главмосстроя.

3.8. Рыхление и уплотнение грунтов

Рыхление производят: при необходимости разработки скреперами или бульдозерами плотных грунтов (глины твердой, сланцевой, моренной с валунами в количестве до 30 % по объему); для предохранения грунтов от промерзания в осенне-зимний период и других целей.

Рыхлители применяют для снятия старых дорожных покрытий при ремонте и реконструкции городских улиц, а также рыхления скальных и мерзлых грунтов. Для этих целей используют рыхлители Д-576Б на базе бульдозера Д-575А (рис. 3.9), ДП-5С, ДП-9С1 и др., которые разрыхляют грунт на глубину 400...1200 мм.

Производительность рыхлителя

$$П = 1000 v b h k_в / n,$$

где v — скорость движения рыхлителя, км/ч; b — ширина разрыхляемой полосы за один проход, м; h — глубина рыхления грунта; $k_в$ — коэффициент использования рыхлителя по времени, равный 0,8...0,85; n — число проходов по одному следу.

Уплотнение грунта, отсыпаемого в постоянные земляные сооружения, а также в пазухи котлованов и траншей, производят послойно с учетом вида грунта, его влажности и типа грунтоуплотняющих механизированных средств.

В насыпях автомобильных дорог степень уплотнения назначают в зависимости от климатической зоны, положения слоя грунта по

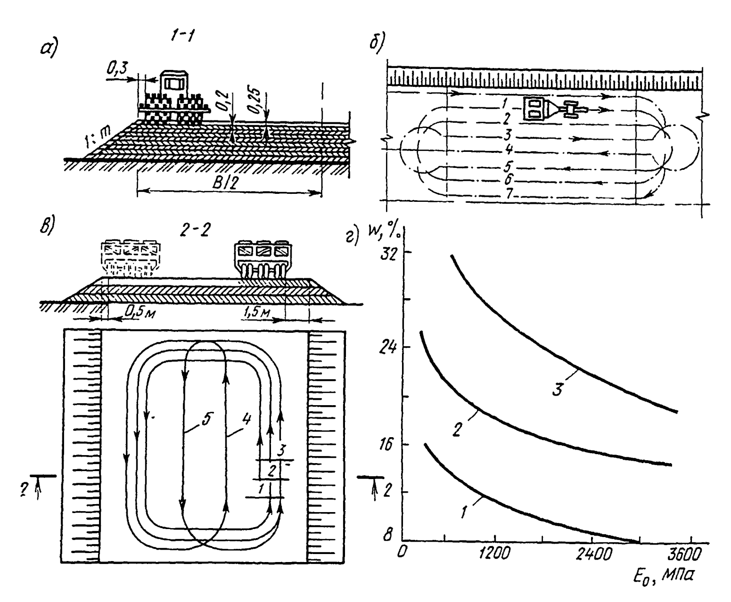


Рис. 3.9. Схема производства работ при уплотнении грунтов катками (размеры в м):

1 — полосы укатки; *2* — трактор С-80 со сцепом из двух кулачковых катков; *3* — направление движения сцепа; *4* — направление укатки проходов сцепа; *а* — план и разрез при уплотнении кулачковыми катками; *б* — схема движения кулачковых катков; *в* — то же, на пневматических шинах; *г* — изменение модуля упругости E грунтов от его влажности W : 1 — мелкозернистый песок с большим содержанием пылеватых и глинистых частиц (число пластичности Ф-12 %); *2* — суглинок (Ф-26 %); *3* — глина (Ф-44 %)

высоте насыпи и от типа покрытия проезжей части. Степень уплотнения (%)

$$\varepsilon = (\rho_{пр}/\rho_{ст})\,100,$$

где $\rho_{пр}$ — практически полученная плотность грунта при определенной его влажности, г/см^3; $\rho_{ст}$ — стандартная плотность сухого грунта (скелета грунта), г/см^3.

Степень уплотнения грунтов, например, в насыпях автомобильных дорог должна быть 95...98 %. Наибольшая плотность достигается при уплотнении грунтов оптимальной влажности, поэтому грунты незначительной влажности перед уплотнением необходимо увлажнять. Влияние влажности грунта на изменение его модуля упругости показано на рис. 3.9, *г*.

Искусственное уплотнение грунта повышает водонепроницаемость и водоустойчивость, модуль упругости и сопротивление грунта сдвигу, благодаря чему повышается устойчивость откосов насыпей. Грунты в насыпях уплотняют укаткой, трамбованием и гидровибрационным способом. Укатку производят катками статического и вибрационного действия. Катки статического действия бывают с гладкими металлическими вальцами, прицепные кулачковые и на пневматических шинах.

Прицепные катки с гладкими вальцами применяют для уплот-

нения различных несвязных грунтов. Эти катки малоэффективны, так как толщина уплотняемого слоя не превышает 150...200 мм. Вибрационные катки уплотняют слой грунта в два раза большей толщины, чем при статической укатке катками такого же веса.

Прицепные кулачковые катки используют для послойного уплотнения связных, малосвязных и комковатых грунтов с толщиной уплотняемого слоя 200...600 мм. При планировке, например, квартала площадь насыпи разбивается на отдельные участки. На одном производится отсыпка грунта, на втором — планировка и на третьем — уплотнение. На рис. 3.9, *а* показана схема производства работ при послойном уплотнении грунта двумя прицепными кулачковыми катками. Уплотнение грунта начинается от бровки насыпи на 300 мм или от внешних границ участка к его середине (рис. 3.9, *б*) с перекрытием полос укатки на 150...250 мм. Степень уплотнения грунта зависит от вида грунта, типа уплотняющей машины, количества проходов по одному следу и принимается в соответствии с проектом (6...12 проходов).

В зависимости от размеров площади уплотнения, вида грунта, мощности трактора и веса катков в сцепе с трактором может быть 1...5 катков. Лучшее уплотнение достигается при применении кулачкового катка Д-615, состоящего из двух катков Д-614, скрепленных между собой дышлом, позволяющим взаимный перекос барабанов в поперечной плоскости.

Кулачковые катки различают по удельному давлению на грунт, т. е. отношению веса катка к опорной поверхности кулачков, находящихся в соприкосновении с уплотняемым грунтом. Кулачковые катки целесообразно применять в комплекте с катками на пневматических шинах, используя последние для окончательного уплотнения грунта. Движение тяжелых кулачковых катков или тяжелых катков на пневматических шинах производится по челночной схеме в одиночном прицепе к трактору. На узких и длинных насыпях такие катки не разворачиваются, а для движения в обратном направлении происходит их перецепка (для чего каток имеет два дышла на общей раме).

Катки на пневматических шинах прицепные, полуприцепные и самоходные применяют для уплотнения различных грунтов с толщиной уплотняемого слоя 200...600 мм. Они обеспечивают равномерное уплотнение грунта, что достигается конструктивными особенностями этих катков, имеющих отдельные секции с независимым перемещением колес в вертикальной плоскости.

После прикатки откосной части насыпи грунт уплотняют послойно, по заранее спланированной поверхности последовательными круговыми проходками катка от краев насыпи к ее середине (рис. 3.9, *в*). Первые два прохода катка необходимо сделать на расстоянии 1...1,5 м от бровки насыпи, чтобы исключить обрушение грунта в откосной части. Для прикатки края насыпи каждый последующий проход смещается в сторону откоса примерно на 0,5 м. Для повышения производительности пневмокатка длину проходки принимают не менее 200 м. Первые 2...3 прохода по одному месту

выполняют на первой передаче, а все последующие — на четвертой. При многократной проходке по одному месту первые 4...6 проходов катка необходимо сделать с перекрытием полосы предыдущего прохода на 200...300 мм. Давление в шинах колес катка зависит от вида грунта; при уплотнении песков его принимают не более 0,2 МПа, супесей 0,3...0,4 МПа, суглинков и глин 0,5...0,6 МПа.

Прицепной пятисекционный каток ДУ-39 на пневматических шинах предназначен для послойного статического уплотнения грунта толщиной 350...400 мм, шириной уплотняемой полосы 2,5 м. Самоходный каток Д-627 на пневматических шинах используют для послойного статического уплотнения грунтов, гравия и щебня, при этом толщина (см) уплотняемого слоя грунта

$$h = 0{,}22\,\frac{w_e}{w_o}\sqrt{Fp},$$

где w_e — естественная влажность грунта, % (по массе); w_o — оптимальная влажность, %; F — нагрузка на колеса, кН; p — давление воздуха в шинах, МПа.

Уплотнение грунта трамбованием производят с помощью трамбующих машин, плит, подвешиваемых к стреле крана или экскаватора, и механических трамбовок. Способом трамбования уплотняют связные и глинистые грунты с толщиной отсыпаемого слоя 0,8...1,5 м. Нецелесообразно уплотнять несвязные грунты трамбующими машинами, так как вблизи от места удара грунт разуплотняется.

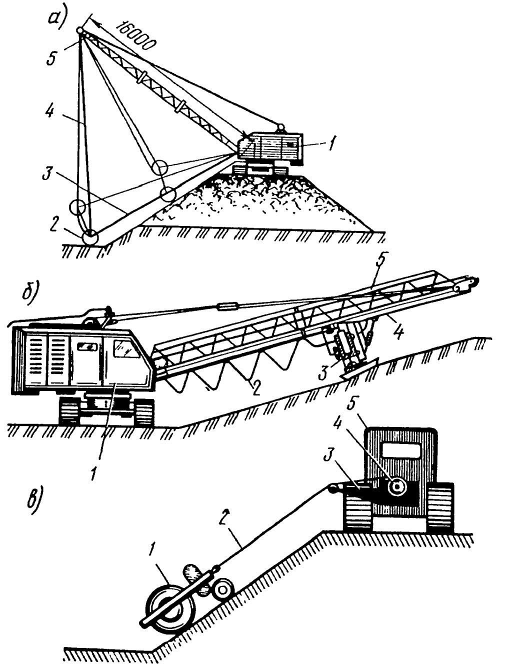
При уплотнении грунта с помощью свободно падающей плиты (рис. 3.10), подвешенной к экскаватору, чугунная плита круглой или прямоугольной формы в плане площадью около 1 м^2, массой 0,8...1,5 т падает с высоты 1,2...2 м и уплотняет за 3...6 ударов слой грунта толщиной до 1,5 м. Трамбующие плиты применяют для уплотнения грунта в насыпях автомобильных дорог, на подъездах к мостам и транспортным пересечениям в разных уровнях.

Откосы насыпей автомобильных дорог, земляных трибун стадионов, плавательных бассейнов можно уплотнять с помощью цилиндрической трамбовки (рис. 3.11, *а*) диаметром 1,4 м, длиной 2 м, массой (с балластом) 25 кН, подвешенной к стреле экскаватора. С помощью подъемного и тягового тросов валец трамбовки поднимается на высоту до 2,5 м, затем падает на откос и ударами (до 8 в минуту) уплотняет грунт. Откосы насыпей можно уплотнять с помощью грунтоуплотняющей машины С-325 (рис. 3.11, *б*) и виброкатков (рис. 3.11, *в*).

Для уплотнения грунта насыпей автомобильных дорог и при планировке кварталов используют дизель-трамбовочные машины и трамбовку с навесным оборудованием к трактору. Уплотнение трамбовкой производят двумя плитами массой 1,3 т каждая, свободно падающими поочередно на грунт с высоты 1,1 м.

При ремонте дорожных покрытий для уплотнения оснований из щебня, а также грунта в стесненных условиях или при засыпке пазух котлованов и траншей применяют механические трамбовки:

Рис. 3.10. Уплотнение грунта в насыпи трамбующей плитой (размеры в м)



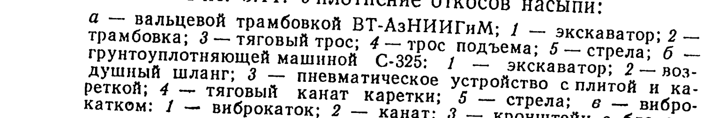


Рис. 3.11. Уплотнение откосов насыпи:

а — вальцевой трамбовкой ВТ-АзНИИГиМ; *1* — экскаватор; *2* — трамбовка; *3* — тяговый трос; *4* — трос подъема; *5* — стрела; *б* — грунтоуплотняющей машиной С-325: *1* — экскаватор; *2* — воздушный шланг; *3* — пневматическое устройство с плитой и кареткой; *4* — тяговый канат каретки; *5* — стрела; *в* — виброкатком: *1* — виброкаток; *2* — канат; *3* — кронштейн с блоком; *4* — лебедка; *5* — трактор

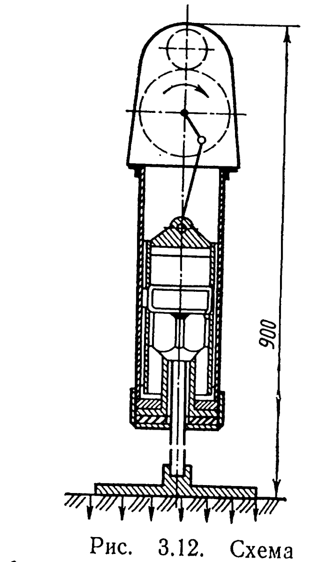


Рис. 3.12. Схема электротрамбовки для уплотнения несвязных грунтов

электрические, пневматические, вибрационные, взрывного действия, с бензиновым двигателем и самоходные вибротрамбовки с дистанционным управлением. Электротрамбовка (рис. 3.12) состоит из привода, корпуса с рабочим механизмом, трамбующего башмака и рукояток управления. Самоходную вибротрамбовку СВТ-3МП с дистанционным управлением используют для уплотнения грунта в стесненных условиях при устройстве тротуаров, подсыпке под полы зданий, при засыпке траншей и пазух котлованов.

В труднодоступных местах глубинное уплотнение грунта осуществляют с помощью заостренного вибростержня диаметром 320 мм с вибратором ВПП-2. Оборудование подвешивают к крану и опускают на грунт через каждые 750 мм в шахматном порядке.

Вибрационным методом наиболее эффективно уплотняют несвязные грунты и гравийно-щебеночные материалы в насыпях и основаниях дорожных одежд. С помощью вибрационной самопередвигающейся плиты Д-368Б массой 2,2 т уплотняют песчаный грунт слоем 0,5...0,6 м. Установка состоит из стальной опорной виброплиты размером $1{,}05 \times 1{,}6$ м, вибратора, передающего плите 1150 колебаний в минуту, рамы кабестана с приводом и дизельного двигателя. Если возбуждающая сила направлена под углом к вертикали, то машина передвигается по грунту под действием горизонтальной составляющей Виброплита Д-491 предназначена для уплотнения несвязных грунтов, отсыпаемых слоями толщиной 1,5... 2 м с шириной уплотняемой полосы 1,52 м. За четыре прохода по одному следу такая виброплита уплотняет грунт до 90...95 % от плотности грунта в естественном залегании.

Для уплотнения грунта в стесненных условиях строительства применяют подвесную вибротрамбовку ПВТ-2 и ПВТ-3 (ЦНИИОМТП) производительностью 60...80 м^3/ч. Эффективное уплотнение гравийно-щебеночного материала целесообразно осуществлять многосекционным виброуплотнителем Д-560. Несвязные грунты толщиной слоя 0,5...2 м уплотняют прицепными и самоходными вибрационными катками.

Контроль за плотностью грунта осуществляют с помощью плотномера СоюзДорНИИ, радиоактивной вилки (В. И. Феронского), радиозонда, радиометрических приборов гаммаплотномеров (поверхностного и глубинного) и др., позволяющих определять плотность грунта в отдельных точках насыпи. При строительстве постоянных земляных сооружений важно контролировать плотность грунта на площади каждого отсыпаемого слоя. Для этого используют катки с индикатором укатки. Каток, перемещаясь по рыхлому грунту, испытывает определенное сопротивление, которое уменьшается с увеличением плотности грунта. Прибор автоматически фиксирует величину сопротивления передвижения катка и на шкале указывает плотность грунта в любой точке каждого слоя. Машинист катка, руководствуясь показаниями прибора, определяет, сколько раз ему нужно проехать по одному месту для получения проектной плотности грунта (предложение Ю. П. Кузнецова и др.).

Гидровибрационный метод применяют для уплотнения песчаных оснований под фундаменты и повышения несущей способности грунтов под различными инженерными сооружениями. Этот метод основан на использовании вибрации, передаваемой грунту от гидровибратора с одновременным увлажнением уплотняемого грунта. К гидровибратору, подвешенному к стреле крана, подводятся два шланга: один — для подачи воды в нижнее сопло под давлением до 0,6 МПа, а второй — в верхнее сопло. Гидровибратор извлекают из грунта с остановками через каждые 300...400 мм при непрерывной подаче воды в верхнее сопло. Глубина погружения гидровибратора определяется глубиной уплотнения грунта. Скорость погружения зависит от давления и количества подаваемой воды, массы гидровибратора, плотности и гранулометрического состава грунта и принимается в среднем 1...2 м/мин. При уплотнении с увлажнением водой грунт оседает и вокруг гидровибратора в радиусе 0,4...1 м образуется воронка, которую необходимо засыпать песком.

Производительность катков непрерывного действия и вибромашин при уплотнении грунтов

$$П = (B - b)v \cdot 1000htk_в/m,$$

при уплотнении грунтов трамбующими плитами

$$П = 60n(a - b)^2ntk_в/m,$$

где B — ширина полосы уплотнения, м; b — ширина перекрытия смежных полос уплотнения, для грунтоуплотняющих машин $b = 0{,}1...0{,}15$ м; v — средняя рабочая скорость движения, км/ч; h — толщина слоя эффективного уплотнения, м; t — продолжительность смены, ч; m — требуемое число проходов (или ударов) по одному месту; $k_в$ — коэффициент использования механизма по времени, $k_в = 0{,}8...0{,}85$; n — число ударов плиты, удар/мин; a — размер опорной поверхности плиты, равный стороне квадрата (для квадратных плит).

3.9. Временное крепление вертикальных стенок траншей и котлованов

В стесненных условиях городских улиц при строительстве подземных сетей (особенно глубокого заложения) и транспортных пересечений в разных уровнях (туннельного типа) грунт в траншеях и котлованах целесообразно разрабатывать с вертикальными стенками. В этом случае сокращается объем земляных работ, на меньшей площади снимается дорожная одежда, уменьшаются помехи для непрерывного движения транспорта и пешеходов. При строительстве водопровода, водостока, канализации глубина траншей составляет 1,5...5 м, что зависит от рельефа местности и глубины промерзания грунта. Для безопасного выполнения работ вертикальные стенки траншей необходимо укреплять.

Существуют различные инвентарные крепления: типа Южспецстрой, в виде распорных рам ВНИИГС, конструкции Трансвод-

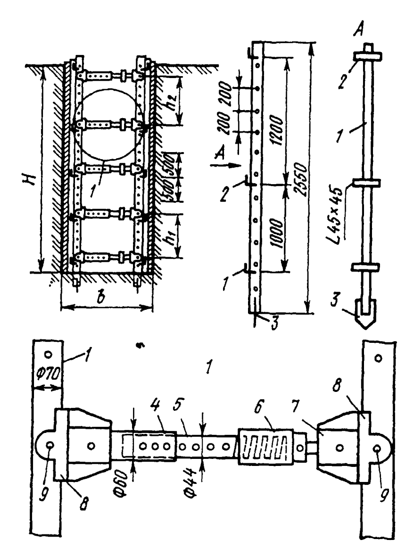


Рис. 3.13. Временное крепление вертикальных стенок траншей с применением инвентарных трубчатых стоек и распорок

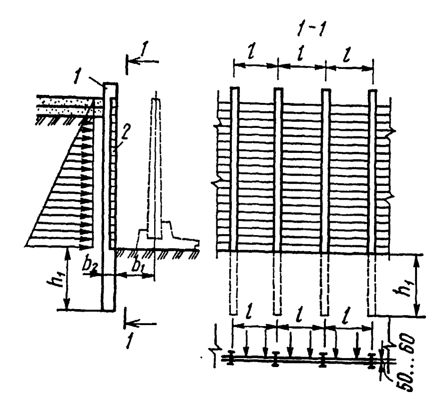


Рис. 3.14. Временное крепление вертикальных стенок котлована с помощью металлических свай

строй, ЦНИИОМТП, а также крепления, состоящие из трубчатых инвентарных стоек и распорок (рис. 3.13). Последний тип крепления траншей нашел широкое применение, потому что его элементы имеют небольшую массу, легко монтируются и демонтируются. Для крепления стенок используют инвентарные деревянные щиты 2×0,5 м толщиной 40... 50 мм. Укладывают их вплотную друг к другу при наличии песчаных грунтов и с зазорами — в плотных грунтах. В местах соединения щитов по длине устанавливают вертикальные брусья 80×150 мм. Расстояние между стойками в плане и распорками по глубине траншеи определяют расчетом в зависимости от величины воспринимаемого распорного усилия. Металлические стойки *1* из труб диаметром 70 мм по высоте через 200 мм имеют отверстия для крепления распорок. Для восприятия сжимающего усилия от брусьев *10* к стойкам приварены по три уголка *2*. Внизу к стойке прикреплен металлический заостренный лист *3*. С помощью Г-образных болтов *9* к стойкам крепят распорки телескопической конструкции (см. узел *I*), состоящие из наружной распорной трубы *4* диаметром 60 мм, внутренней трубы *5* диаметром 44 мм, поворотной муфты *6*, опорных частей *7* и *8*. В зависимости от ширины траншеи расстояние между стойками устанавливают путем выдвижения внутренней трубы *5* из наружной *4* и фиксируют болтом, вставляемым в отверстия с шагом 35 мм. Полное прижатие щитов к стенкам траншеи осуществляют поворотом муфты *6*.

При малых объемах работ крепление вертикальных стенок траншей можно производить с применением деревянных стоек и распорок. Недостаток такого крепления — устройство требует больших затрат ручного труда, а лесоматериал (особенно распорки) непригоден для повторного его использования.

Строительство транспортных пересечений в разных уровнях (туннельного типа) связано с устройством котлованов глубиной до 8 м. При разработке, например, песчаного грунта в такой выемке с откосами 1 : 1 размер котлована по верху увеличится на 16 м. Для уменьшения объема разрабатываемого и вывозимого грунта, а также для сохранения проезжей части на местных проездах целесообразно разрабатывать грунт в котловане с вертикальными стенками, укрепляя их временно забитыми металлическими сваями *1* со сплошной забиркой из досок *2* (рис. 3.14).

При сильном притоке грунтовых вод в мелкозернистых песках, в которых может возникнуть явление выноса частиц грунта, вертикальные стенки траншей и котлованов крепят с помощью шпунтового ограждения.

3.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

3.10. Определение объемов земляных работ при планировке кварталов

Планировку территории необходимо осуществлять с учетом обеспечения благоприятных условий для застройки, эксплуатации городского транспорта, прокладки подземных сетей (канализации и водостока и др.), а также поверхностного водоотвода.

Планировку микрорайона или его части производят как при освоении новой территории под застройку, так и при реконструкции квартала. Если застройку ведут на неосвоенной территории, на которой нет зеленых насаждений, то планировку выполняют с обеспечением нулевого баланса земляных масс в пределах группы кварталов. При необходимости сохранения зеленых массивов и естественного рельефа местности производят локальную планировку участка. При реконструкции квартала планировку выполняют с учетом отметок проезжей части существующих улиц, входов в жилые дома, магазины и здания культурно-бытового назначения.

Баланс земляных масс в пределах квартала должен быть определен не только с учетом грунта, полученного при планировке территории (срезка и насыпь), но и с учетом грунта, который будет «вытеснен» подвалами и фундаментами зданий и сооружений, подземными внутриквартальными гаражами, подземными коллекторами, всеми видами подземных сетей, а также грунта, полученного при устройстве земляного корыта для внутриквартальных проездов.

При планировке квартала подсчет объемов грунта можно производить **методом четырехугольных и треугольных призм** или **методом поперечных профилей.**

Для определения нулевого баланса грунта при планировке квартала методом четырехугольных призм необходимо:

1. Участок, подлежащий планировке, разделить на квадраты со стороной 20...50 м в зависимости от рельефа местности и требуемой

степени точности подсчета. Для того чтобы избежать неполных квадратов, ширина и длина участка может быть разделена на целое количество сторон прямоугольника (без остатка).

2. При подсчете объемов земляных масс по треугольным призмам квадраты разделить на треугольники, проведя диагонали квадратов примерно параллельно горизонталям.

3. Определить по интерполяции черные отметки в углах всех квадратов $h_{ч1}$, $h_{ч2}$ и т. д. и выписать их в нижнем правом углу (рис. 3.15, *а*).

4. Определить планировочную отметку $H_п$, т. е. отметку горизонтальной плоскости, при которой обеспечивается нулевой баланс земляных масс.

Отметка планировочной плоскости, разбитой на квадраты:

$$V_{у.п} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \cdots + V_n,$$

Рис. 3.15. Схема участка с разбивкой его на кадраты для определения отметки планировочной плоскости:

а — расположение осей симметрии на планируемом участке; *б* — определение красных отметок

$$a^2 n H_п = \left(\frac{h_{ч1}+h_{ч2}+h_{ч4}+h_{ч5}}{4}\right) a^2 + \left(\frac{h_{ч2}+h_{ч3}+h_{ч5}+h_{ч6}}{4}\right) a^2 + \left(\frac{h_{ч4}+h_{ч5}+h_{ч7}+h_{ч8}}{4}\right) a^2 + \cdots + \left(\frac{h_{ч5}+h_{ч6}+h_{ч8}+h_{ч9}}{4}\right) a^2 \quad (3.1)$$

где $H_п$ — отметка горизонтальной планировочной плоскости, м; a^2 — площадь квадрата, м^2; n — количество квадратов; $h_{ч1}$, $h_{ч2}$, $h_{ч3}$ и т. д. — черные отметки в точках с порядковыми номерами 1, 2, 3 и т. д.

Левая часть уравнения (3.1) выражает объем грунта, расположенного между условной плоскостью *д—е* с отметкой H_0 (рис. 3.15, *б*) и горизонтальной плоскостью *в—г* с отметкой $H_п$, которая обеспечивает нулевой баланс, т. е. равенство объемов срезки и насыпи на планируемом участке. Правая часть уравнения выражает сумму объемов всех четырехугольных призм *1*, *2*, *3* и т. д., расположенных между поверхностью земли и той же условной плоскости *д—е*. Объем грунта в каждой четырехугольной призме определяют по ее средней черной отметке. Так, объем грунта призмы *1*

$$V_1 = (h_{ч1} + h_{ч2} + h_{ч4} + h_{ч5}) a^2/4.$$

Из приведенной формулы (3.1) видно, что черная отметка $h_{ч1}$ только один раз входит в уравнение при определении средней отметки призмы *1*. Черная отметка $h_{ч2}$ входит дважды в уравнение при определении средней отметки призм *1* и *2*. Черная отметка $h_{ч5}$ применяется в уравнении четырежды, т. е. при определении средней отметки призм *1*, *2*, *3* и *4*. Учитывая сказанное, уравнение примет вид

$$H_п = (\sum h_{чI} + 2\sum h_{чII} + 4\sum h_{чIV})/(4n),$$

где $\Sigma h_{чI}$, $\Sigma h_{чII}$, $\Sigma h_{чIV}$ — суммы черных отметок в точках, в которых имеется соответственно одна, две, четыре вершины квадратов; n — количество квадратов.

Если квадраты разделены на треугольники, то отметку планировочной плоскости определяют из выражения

$$\frac{H_п a^2 n}{2} = \left(\frac{h_{ч1}+h_{ч2}+h_{ч4}}{3}\right)\frac{a^2}{2} + \left(\frac{h_{ч2}+h_{ч4}+h_{ч5}}{3}\right)\frac{a^2}{2} + \left(\frac{h_{ч2}+h_{ч3}+h_{ч5}}{3}\right)\frac{a^2}{2} + \cdots + \left(\frac{h_{ч6}+h_{ч8}+h_{ч9}}{3}\right)\frac{a^2}{2}. \quad (3.2)$$

Из формулы (3.2) видно, что каждая черная отметка столько раз входит в уравнение, сколько в данной точке сходится вершин треугольников. При сложном рельефе местности диагонали квадратов могут быть проведены таким образом, что в данной точке окажется восемь вершин треугольника. Поэтому можно записать

$$H_п = (\sum h_{чI} + 2\sum h_{чII} + 3\sum h_{чIII} + \cdots + 8\sum h_{чVIII})/(3n),$$

где $\Sigma h_{чI}$, $\Sigma h_{чII}$, $\Sigma h_{чIII}$, ..., $\Sigma h_{чIV}$ — суммы черных отметок в точках, в которых сходится 1...8 вершин треугольников; n — количество треугольников.

5. Для определения красных отметок в углах квадратов необходимо горизонтальную плоскость с отметкой $H_п$ повернуть вокруг оси симметрии или вокруг линии, которая разделяет заданный участок на две равновеликие площади. Поворот горизонтальной плоскости производят на угол $\alpha (\operatorname{tg}\alpha = i)$. В рассматриваемом участке (см. рис. 3.15, *а*) может быть четыре оси симметрии *I—I*, *II—II*, *III—III* и *IV—IV*. Для сохранения нулевого баланса земляных работ необходимо, чтобы ось симметрии не только разделила участок на две равновеликие площади, но и была бы перпендикулярна стрелке, указывающей уклон i. Для обеспечения поверхностного стока с территории квартала и по четырем прилегающим улицам уклон i принимают 0,003...0,015. Направление уклона может быть самое различное, что зависит от рельефа местности. Если задано направление уклона i_1, то линия *а—б* должна быть перпендикулярна направлению этого уклона и участок следует разделить на две равновеликие площади.

Красные отметки в углах квадратов относительно оси симметрии, например *III—III*:

$$h_к = H_п \pm li,$$

где l — расстояние от точки, в которой определяется красная отметка, до оси симметрии (измеренное по перпендикуляру).

В нашем примере

$$h_{к1} = H_п + l_1 i; \quad h_{к9} = H_п - l_1 i;$$
$$h_{к2} = H_п + l_2 i \text{ и т. д.}; \quad h_{к6} = H_п - l_2 i \text{ и т. д.}$$

Определение красных отметок $h_{к1}$ и $h_{к9}$ показано на рис. 3.15, *б* в сечении *IV—IV*. Красные отметки выписываются в верхнем правом углу квадрата.

6. Рабочие отметки в углах квадратов определяют как разность между красными и черными отметками

$$h_{р1} = h_{к1} - h_{ч1}; \qquad h_{р9} = h_{к9} - h_{ч9} \text{ и т. д.}$$

Выписывают их в левом верхнем углу для выемки со знаком «—», а для насыпей со знаком «+».

7. По рабочим отметкам находят линию нулевых работ. т. е. линию, разделяющую участок срезки от участка насыпи.

На стороне квадрата с рабочими отметками, например $h_{р2}$ и $h_{р3}$, линия нулевых работ пройдет через точку *b*, положение которой на стороне квадрата находят из выражения

$$h_{р2}/(a - x) = h_{р3}/x; \qquad x = h_{р3}a/(h_{р2} + h_{р3}).$$

Аналогично определяют положение точек *г*, *д*, *е*. Линия, проходящая через точки *в*, *г*, *д*, *е*, и есть линия нулевых работ.

Объем грунта на участке срезки и насыпки подсчитывают по средним рабочим отметкам для каждого квадрата или его части.

8. В тех случаях, когда необходимо получить нулевой баланс не только с учетом выемки и насыпи на планируемом участке, но и с учетом грунта, который будет вынут из котлованов и траншей, а также грунта, необходимого для устройства насыпей (постоянных земляных сооружений), в вычисленной отметке $H_п$ необходимо внести поправку. Тогда окончательная планировочная отметка составит:

при подсчете по четырехугольным призмам

$$H'_п = \frac{\Sigma h_{чI} + 2\Sigma h_{чII} + 4\Sigma h_{чIV}}{4n} \pm \frac{V_\Delta}{F_{у.ч}};$$

при подсчете по треугольным призмам

$$H'_п = \frac{\Sigma h_{чI} + 2\Sigma h_{чII} + 3\Sigma h_{чIII} + \cdots + 8\Sigma h_{чVIII}}{6n} \pm \frac{V_\Delta}{F_{у.ч}},$$

где $H'_п$ — отметка планировочной плоскости с поправкой, м; $+V_\Delta$ — объем избыточного грунта, который образовался в результате строительства подземных сооружений, расположенных ниже спланированной плоскости квартала, м^3; $-V_\Delta$ — объем недостающего грунта, который необходим для устройства постоянных земляных сооружений (земляных трибун стадиона, насыпи автомобильной дороги и др.), расположенных выше спланированной плоскости, м^3; $F_{у.ч}$ — площадь планируемого участка, м^2.

9. Объем земляных работ на участке выемки и насыпи определяют отдельно, как сумму объемов всех призматоидов со средней высотой рабочих отметок на площади каждого квадрата или его части.

10. При выполнении планировочных работ скреперами необходимо найти оптимальное расстояние перемещения грунта с площади срезки на площадь насыпи. Для этого должны быть найдены координаты центра тяжести грунта, расположенного на участке срезки $l_{\text{с}x}$ и $l_{\text{с}y}$ и на участке насыпи $l_{\text{н}x}$ и $l_{\text{н}y}$ (рис. 3.16)

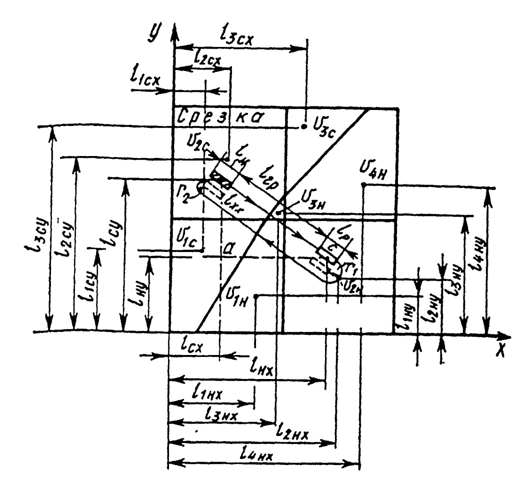


Рис. 3.16. Схема планировки участка с параметрами для определения расстояния перемещения грунта скреперами с участка срезки на участок насыпи

$$l_{\text{с}.x} = \frac{V_{1\text{с}} l_{1\text{с}x} + V_{2\text{с}} l_{2\text{с}x} + V_{3\text{с}} l_{3\text{с}x} + \dots + V_{n\text{с}} l_{n\text{с}x}}{V_{1\text{с}} + V_{2\text{с}} + V_{3\text{с}} + \dots + V_{n\text{с}}} = \frac{\Sigma V'_{\text{с}} l'_{\text{с}x}}{\Sigma V_{\text{с}}};$$

$$l_{\text{с}.y} = \frac{V_{1\text{с}} l_{1\text{с}y} + V_{2\text{с}} l_{2\text{с}y} + V_{3\text{с}} l_{3\text{с}y} + \dots + V_{n\text{с}} l_{n\text{с}y}}{V_{1\text{с}} + V_{2\text{с}} + V_{3\text{с}} + \dots + V_{n\text{с}}} = \frac{\Sigma V_{\text{с}} l'_{\text{с}y}}{\Sigma V_{\text{с}}};$$

$$l_{\text{н}.x} = \frac{V_{1\text{н}} l_{1\text{н}x} + V_{2\text{н}} l_{2\text{н}x} + V_{3\text{н}} l_{3\text{н}x} + \dots + V_{n\text{н}} l_{n\text{н}x}}{V_{1\text{н}} + V_{2\text{н}} + V_{3\text{н}} + \dots + V_{n\text{н}}} = \frac{\Sigma V'_{\text{н}} l'_{\text{н}x}}{\Sigma V_{\text{н}}};$$

$$l_{\text{н}.y} = \frac{V_{1\text{н}} l_{1\text{н}y} + V_{2\text{н}} l_{2\text{н}y} + V_{3\text{н}} l_{3\text{н}y} + \dots + V_{n\text{н}} l_{n\text{н}y}}{V_{1\text{н}} + V_{2\text{н}} + V_{3\text{н}} + \dots + V_{n\text{н}}} = \frac{\Sigma V'_{\text{н}} l'_{\text{н}y}}{\Sigma V_{\text{н}}}$$

где $V_{1\text{с}}$, $V_{2\text{с}}$, $V_{3\text{с}}$ ... — объемы грунта призматоидов, расположенных на участке срезки, имеющих в основании площадь квадрата или его части; $l_{1\text{с}x}$, $l_{2\text{с}x}$, $l_{3\text{с}x}$ ... — соответствующие расстояния от центров тяжести призматоидов, расположенных на площади срезки, до оси x; $l_{1\text{с}y}$, $l_{2\text{с}y}$, $l_{3\text{с}y}$ ... — соответствующие расстояния от центров тяжести призматоидов, расположенных на площади срезки, до оси y.

Аналогичные обозначения сделаны и на участке насыпи.

По найденным координатам определяют величины катетов прямоугольного треугольника abc (см. рис. 3.16).

Расстояние между центрами тяжести грунта, расположенного на участках срезки и насыпи

$$b_{\text{с}} = \sqrt{ab^2 + ac^2} = \sqrt{(l_{\text{с}y} - l_{\text{н}y})^2 + (l_{\text{н}x} - l_{\text{с}x})^2}.$$

11. Среднее расстояние перемещения грунта скреперами с участка срезки на участок насыпи

$$L_{\text{ср.скр}} = (l_{\text{н}} + l_{\text{гр}} + l_{\text{р}} + l_{\text{х.х}})/2,$$

где $l_{\text{н}}$ — длина участка, на котором ковш скрепера полностью наполняется грунтом, м; $l_{\text{гр}}$ — расстояние перемещения грунта скрепером с участка срезки на участок насыпи (измеряя его от точки окончания набора грунта в ковш до точки начала разгрузки грунта), м; $l_{\text{р}}$ — длина участка разгрузки грунта, м; $l_{\text{х.х}}$ — длина холостого хода скрепера (после разгрузки грунта), м

$$l_{\text{х.х}} = 2\pi r_1/2 + 2\pi r_2/2 = \pi r_1 + \pi r_2 + l_{\text{н}} + l_{\text{х}} + l_{\text{р}},$$

где r_2 — минимальный радиус поворота соответствующего скрепера (по техническим данным), м; $r_1 = 1{,}3 r_2$ — радиус поворота скрепера после разгрузки грунта, м.

Подсчет объемов грунта срезки и насыпи при планировке квартала можно производить и по методу поперечных профилей. В этом случае необходимо вычертить поперечные профили в характерных сечениях рельефа местности, расстояние между которыми принимают 50...100 м, что зависит от сложности рельефа местности. Объем грунта срезки и насыпи определяют по соответствующим геометрическим фигурам, расположенным между поперечными сечениями.

3.11. Определение объемов грунта насыпей и выемок в линейных сооружениях

При строительстве городских магистралей, проходящих в выемке или на насыпи, подземных коллекторов, трубопроводов и других линейных сооружений подсчеты объемов земляных работ производят по приближенным формулам. Для этого продольный профиль трассы в местах изменения продольного уклона возводимого сооружения или поверхности земли разбивают вертикальными плоскостями на отдельные призматоиды (рис. 3.17).

Если определять объем призматоида, расположенного между вертикальными плоскостями *I—I* и *II—II*:

$$V_{\text{пр}} = (F_1 + F_2) L/2, \qquad (3.3)$$

то при большой длине выемки (более 50 м) и больших продольных уклонах объем полученного грунта будет несколько больше действительного объема призматоида.

Если пользоваться формулой

$$V_{\text{пр}} = F_{\text{ср}} L, \qquad (3.4)$$

Рис. 3.17. Схема участка линейного сооружения:
а — продольный профиль выемки; *б* — призматоид, расположенный между вертикальными плоскостями *1—1* и *2—2*; *1* — поверхность проезжей части; *2* — поверхность земли

то полученный объем грунта будет несколько меньше действительного объема призматоида.

В формулах (3.3) и (3.4) F_1 и F_2 — площади призматоида соответственно сечений $I—I$ и $II—II$; $F_{ср}$ — площадь призматоида среднего сечения; L — длина призматоида, $10 \leqslant L \leqslant 100$ м.

Для точного подсчета объема грунта призматоида (с учетом поправки) необходимо пользоваться формулой Ф. Ф. Мурзо

$$V = \left[F_{ср} + \frac{m(h_1 - h_2)^2}{12} \right] L,$$

формулой Винклера

$$V = \left[\frac{F_1 + F_2}{2} - \frac{m(h_1 - h_2)^2}{6} \right] L$$

или формулой Симпсона

$$V = \frac{1}{6} h_{ср} (F_н + F_в + 4F_{ср}),$$

где $h_{ср}$ — средняя глубина котлована, м; $F_н$ — площадь котлована по низу, м²; $F_в$ — площадь котлована по верху, м²; $F_{ср}$ — площадь котлована на уровне половины его высоты, м².

3.12. Определение объемов грунта в котлованах

Привязку всех зданий и подземных сетей, строящихся в квартале, производят к спланированной плоскости. После того как найдены красные отметки планировочной плоскости, можно определить объем грунта в котлованах и траншеях. Если в квартале возводимое здание $Д_1$ (рис. 3.18) располагается на участке срезки, то объем грунта в котловане определяют относительно спланированной плоскости. Если же здание $Д_2$ располагается на участке насыпи, то объем грунта, разрабатываемого экскаватором в котловане, определяют относительно поверхности земли.

Для определения объема грунта в котловане дома $Д_1$ сначала находят красные отметки в точках $h_{к1}$, $h_{к2}$, $h_{к3}$ и $h_{к4}$. Привязку необходимо производить в точке, в которой дом имеет минимальное

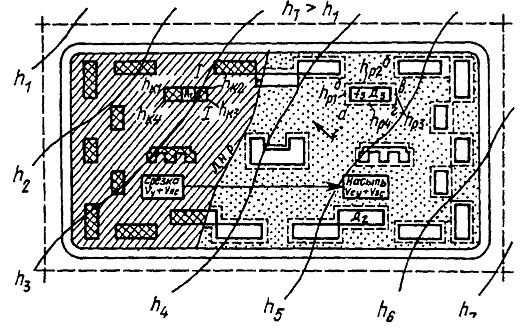


Рис. 3.18. Распределение земляных масс при планировке квартала и разработке грунта в котлованах:

$V_у$ — объем грунта, получаемый при срезке участка; $V_{п·с}$ — объем грунта, вытесненного подземными сооружениями; $V_{су}$ — объем грунта насыпи на спланированном участке

возвышение цоколя над спланированной плоскостью. В данном примере такой точкой является $h_{к3}$. Отметку уровня цоколя $\pm 0{,}00$ определяют как сумму $h_{к3}$ и минимального возвышения цоколя $h_{п}$.

При небольших уклонах планируемого участка (менее 0,01) объем грунта в котловане с постоянными откосами находят как объем усеченной пирамиды:

$$V = h_{ср}(F_{н} + F_{в} + \sqrt{F_{н}F_{в}})/3,$$

где $h_{ср}$ — средняя глубина котлована; $F_{н}$ — площадь котлована по низу, м^2; $F_{в}$ — площадь котлована по верху, м^2.

3.13. Распределение объемов грунта в квартале

До начала планировки квартала должен быть сделан анализ оптимального распределения земляных масс. Необходимо установить целесообразность перемещения грунта в зависимости от очередности строительства зданий, расположения подземных сетей, внутриквартальных проездов, спортивных площадок, участков озеленения и других элементов благоустройства. Если на планируемом участке есть растительный грунт, то его снимают, собирают в кучи и сохраняют для посадки деревьев, кустарников и устройства газона.

На участке насыпи все подземные сети должны быть построены до начала отсыпки грунта, а на участке срезки — после разработки грунта до проектных отметок.

Разработку грунта в котлованах зданий начинают после планировки участка. На той части квартала, где предусмотрена насыпь, грунт с участка срезки не отсыпают на площади зданий и вокруг них. Например, дом $Д_3$ (см. рис. 3.18) располагается на участке насыпи. На площади этого дома f_3 и вокруг него отсыпку грунта, снимаемого с участка срезки, не производят. Площадь, на которой распределится вокруг дома $Д_3$ грунт, равный объему подземной части здания (включая фундаменты),

$$f_{п.з} = \frac{V_{п.з}}{(h_{р1}+h_{р2}+h_{р3}+h_{р4})/4} = \frac{4V_{п.з}}{h_{р1}+h_{р2}+h_{р3}+h_{р4}}$$

где $V_{п.з}$ — объем грунта подземной части здания (включая фундаменты), м^3; $h_{р1} + h_{р2} + h_{р3} + h_{р4}$ — сумма рабочих отметок, взятых на середине длины и ширины дома на расстоянии 2...4 м от наружных стен (что зависит от объема подземной части здания и величины рабочих отметок).

Объем подземной части здания (включая фундаменты)

$$V_{п.з} = F_{п}L_{д} + V_{ф},$$

где $F_{п}$ — площадь поперечного сечения подвала, расположенного ниже поверхности земли (на участке насыпи) или спланированной плоскости (на участке срезки), м^2; $L_{д}$ — длина дома по наружному обмеру, м; $V_{ф}$ — объем фундамента, расположенного ниже основания пола подвала, м^3.

3.Г. МЕХАНИЗИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА ГРУНТА

3.14. Общие сведения

В строительстве грунт разрабатывают тремя основными способами: резанием — с помощью землеройных машин (экскаваторов), землеройно-транспортных (скреперов, бульдозеров и грейдеров); гидромеханическим — с помощью гидромониторов и землесосных снарядов; взрывным — с использованием различных взрывчатых веществ.

Выбор комплекта механизмов и способа разработки грунта зависит от объема и срока выполняемых работ, вида грунта, формы и габаритов возводимого сооружения, а также от ряда других условий (работы производятся зимой или летом, отсыпка грунта на транспорт или в отвал, наличия застройки, подземных сетей, уровня грунтовых вод и т. д.).

Экскаваторы подразделяются на одноковшовые цикличного действия и многоковшовые непрерывного действия. Одноковшовые экскаваторы разрабатывают около 40 % от общего объема земляных работ.

3.15. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами

Одноковшовые экскаваторы классифицируют по виду рабочего оборудования, типу ходового устройства, по силовой установке, назначению и области применения. Государственным общесоюзным стандартом установлены следующие семь групп одноковшовых строительных экскаваторов по емкости ковша:

Группа экскаватора	1	2	3	4	5	6	7
Емкость ковша, м^3	0,25	0,5	0,65	1,0	1,25	1,6	2,5

Экскаваторы с емкостью ковша от 4 до 5 м^3 относятся к землеройным машинам специального назначения(для работы в карьерах, промышленном и гидротехническом строительстве).

В городском строительстве в основном применяют экскаваторы 1...5-й групп. Особенностью одноковшовых экскаваторов с механическим приводом является их универсальность — возможность использования различного сменного оборудования: прямой лопаты (рис. 3.19, *а*), обратной лопаты (рис. 3.19, *б*), грейфера (рис. 3.19, *в*) драглайна (рис. 3.19, *г*), копра для забивки свай (рис. 3.19, *д*), крана для выполнения монтажных и погрузочно-разгрузочных работ (рис. 3.19, *е*, *и*), дизель-молота для рыхления мерзлого грунта (рис. 3.19, *к*) и приспособления для корчевания пней (рис. 3.19, *ж*). Более совершенные типы экскаваторов имеют широкую номенклатуру сменного рабочего оборудования. Их ковш может иметь различную форму, емкость, ширину и вид режущего контура. В стесненных условиях города для выполнения планировочных работ небольшого объема экскаватор может быть оборудован стругом или скребком.

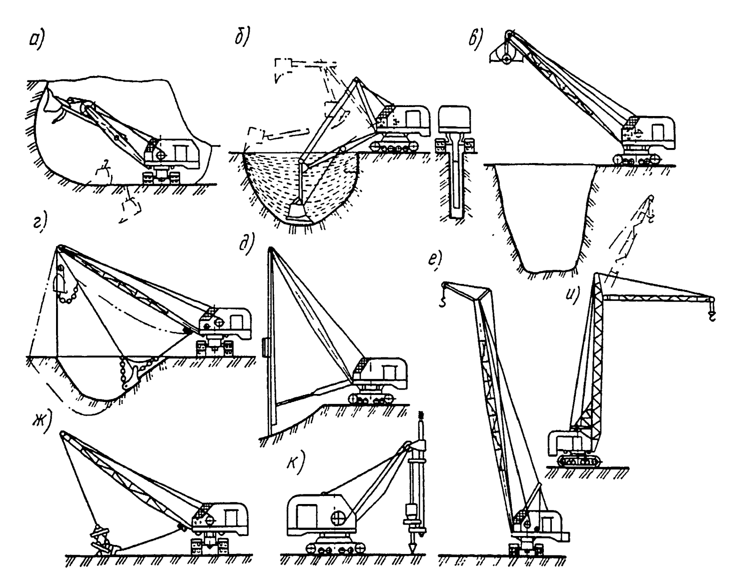


Рис. 3.19. Типы строительных экскаваторов с различным сменным оборудованием

К наиболее совершенным типам землеройных машин, выпускаемых в последние годы, относятся полноповоротные экскаваторы с гидравлическим приводом — жесткой подвеской рабочего оборудования (табл. 3.2).

Таблица 3.2. **Объем ковша (м³) экскаваторов с гидравлическим приводом**

Вместимость ковша экскаватора	ЭО-3322А, ЭО-3322Б	ЭО-4321	ЭО-4123	ЭО-4121А	ЭО-5122	ЭО-6121, ЭО-6122
Прямая лопата	—	0,8	0,8	0,65—1	1,6—2	2,5
Обратная лопата	0,5	0,65—1	0,65—1	0,65—1	1,25—1,6	1,6—2,5
Грейфер	0,5	0,65	0,65	0,65	—	—

Экскаватор ЭО-3322В используется для планировочных работ с полуавтоматической системой. Достоинство экскаваторов с гидравлическим приводом состоит в том, что при той же емкости ковша они имеют меньшие габариты и меньшую массу, чем экскаваторы с механическим приводом. Гидравлический привод обеспечивает: бесступенчатое регулирование скорости движения рабочего оборудования в большом диапазоне, что облегчает управление экскаватором; большее усилие при наборе грунта в ковш, что способствует повышению производительности экскаватора; высокую точность разработки грунта в выемках нужных размеров.

Наряду с экскаваторами с гидравлическим приводом применяют экскаваторы прямая лопата и драглайн с механическим приводом.

Экскватор ЭО-2621А имеет различное сменное оборудование и может использоваться при реконструкции улиц: захват клещевого типа — для извлечения, погрузки и установки бордюрных ограждений; навесное оборудование в виде гидромолота, зуба-рыхлителя для снятия старого асфальтобетонного покрытия и бетонного основания.

При строительстве транспортных пересечений в разных уровнях, подземных пешеходных переходов и других подземных коммуникаций до начала разработки грунта необходимо собрать и погрузить на автосамосвалы снятое асфальтобетонное покрытие и бетонное основание. Эту работу рациональнее всего выполнять с помощью фронтальных погрузчиков с гидравлическим приводом грузоподъемностью до 15 т и более. Они применимы также при разработке легких грунтов в неглубоких выемках с погрузкой его на транспортные средства.

Экскаватор, оборудованный прямой лопатой, применяют для разработки грунта в котлованах и карьерах с погрузкой его как на транспорт, так и с отсыпкой малых объемов в отвалы. Такой экскаватор разрабатывает грунт выше уровня стоянки и поэтому всегда находится внизу котлована. В необходимых случаях (при заходе в забой с постепенным заглублением) экскаватор может разрабатывать грунт ниже своего уровня стоянки.

Для определения ширины забоя и правильного выбора транспортных средств необходимо знать основные параметры экскаватора прямая лопата: максимальный радиус резания грунта R (рис. 3.20), наибольший радиус резания на уровне стоянки экскаватора R_4 и наименьший радиус резания на уровне стоянки экскаватора R_5; наибольший радиус выгрузки R_2 и высоту выгрузки h_2 при этом радиусе; наибольшую высоту выгрузки h_3 и радиус выгрузки при этой высоте R_3; высоту резания h_1, ширину проходки L_2 по подошве забоя; длину рабочей передвижки экскаватора l; расстояние от оси транспортного пути до оси движения экскаватора L_1; r — радиус хвостовой части кабины экскаватора; h_4 — максимальную глубину резания грунта ниже подошвы забоя; α — оптимальный угол поворота стрелы экскаватора относительно продольной оси забоя (принимается $\alpha = 65°$).

С помощью экскаватора прямая лопата грунт в котловане можно разрабатывать лобовой, уширенной лобовой и боковой проходками. При *лобовой проходке* экскаватор перемещается параллельно продольной оси котлована, разрабатывая грунт впереди себя с устройством выемки шириной по верху не более $1{,}5R_р$ (рис. 3.21, *а*). Дальнейшую разработку грунта в широких выемках ведут продольными параллельно расположенными *боковыми проходками*. Общее количество таких проходок (рис. 3.21, *б*)

$$n = (B_1 - 2b_0)/k = (B_1 - 2h_к m)k,$$

где B_1 — ширина котлована по верху, м; b_0 — ширина откоса, $b_0 = h_к m$, м; k — оптимальная ширина проходки, м; $h_к$ — глубина котлована, м; m — коэффициент откоса.

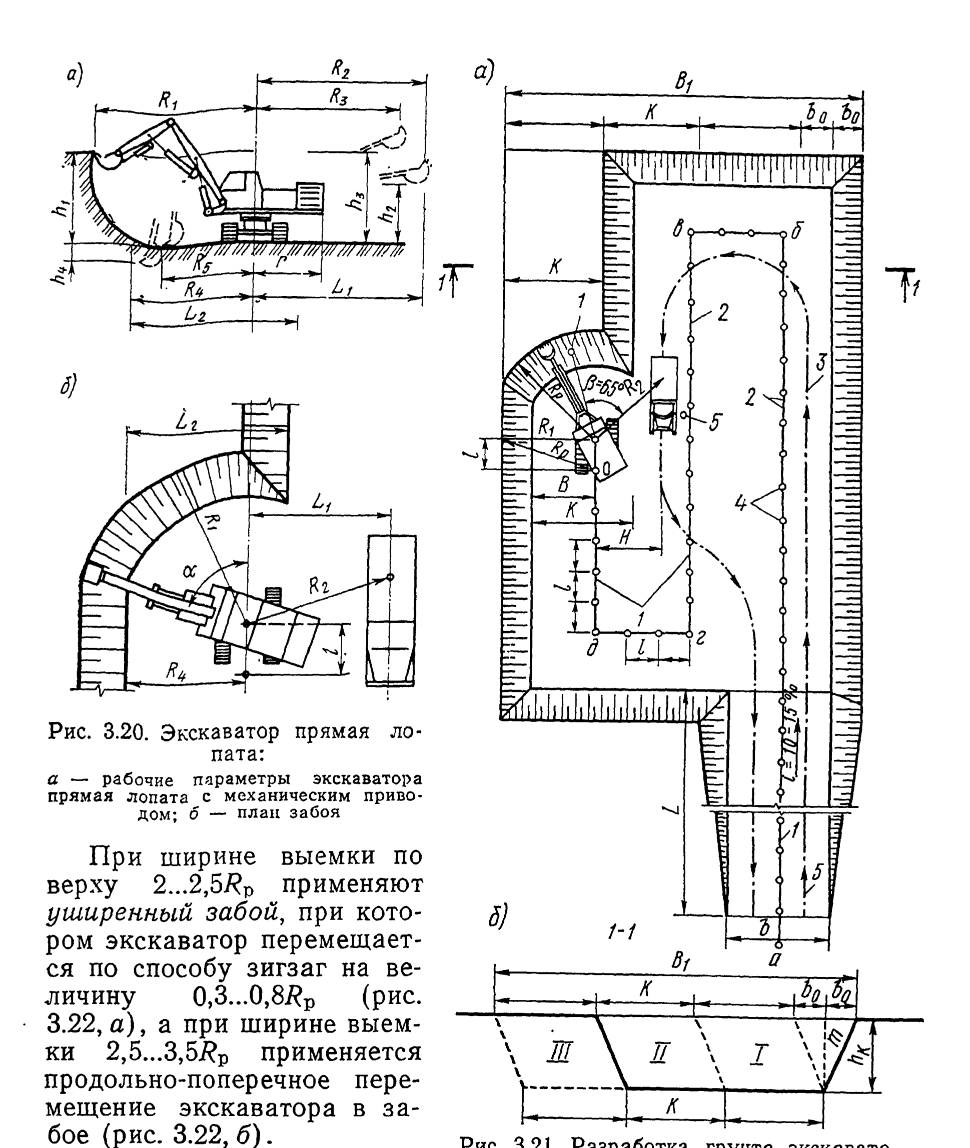


Рис. 3.20. Экскаватор прямая лопата:

а — рабочие параметры экскаватора прямая лопата с механическим приводом; *б* — план забоя

Рис. 3.21. Разработка грунта экскаватором прямая лопата:

а — лобовой проходкой на участке *а-б* и боковой проходкой на участках *в-г*, *д-е*; *б* — порядок разработки грунта в котловане с определением ширины проходки; *1* — центр тяжести разрабатываемого грунта забоя; *2* — путь движения экскаватора; *3* — путь движения транспортных средств; *4* — съезд в котлован; *5* — вешка

При ширине выемки по верху 2...2,5$R_р$ применяют *уширенный забой*, при котором экскаватор перемещается по способу зигзаг на величину 0,3...0,8$R_р$ (рис. 3.22, *а*), а при ширине выемки 2,5...3,5$R_р$ применяется продольно-поперечное перемещение экскаватора в забое (рис. 3.22, *б*).

При разработке грунта экскаватором прямая лопата обычным лобовым забоем ширина проходки по верху $B_в$

$$B_в = 2\sqrt{R_р^2 - l^2},$$

где $R_р$ — наибольший рабочий радиус резания, обычно $R_р = 0,7...0,9R_1$, м; l — шаг перестановки экскаватора с одной стоянки на другую, м.

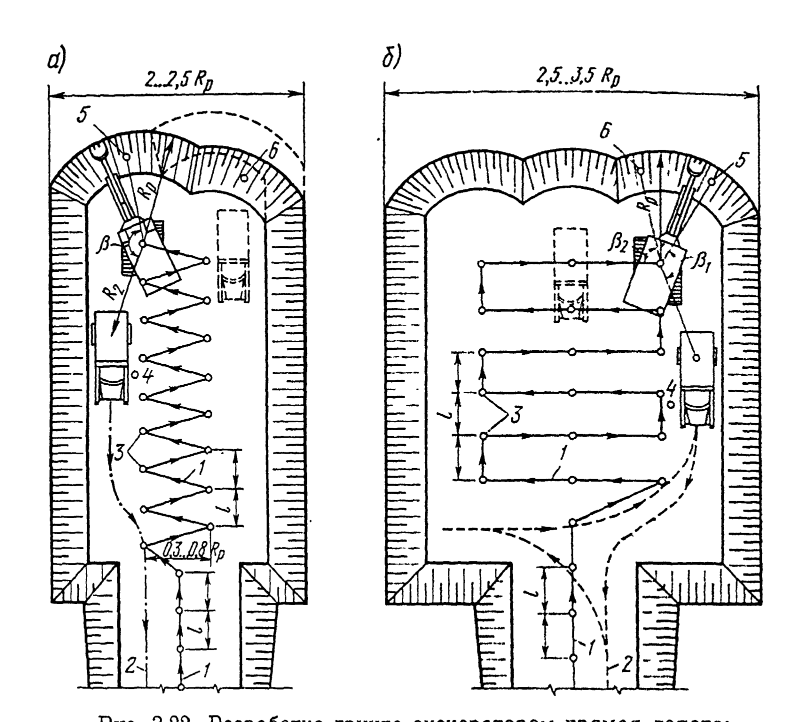


Рис. 3.22. Разработка грунта экскаватором прямая лопата:

а — в выемке шириной по верху 2...2,5 R_p с зигзагообразным перемещением экскаватора; *б* — в выемке шириной 2,5...3,5R_p с перемещением экскаватора поперек выемки; *1* — путь движения экскаватора; *2* — путь движения автосамосвалов; β, $β_1$, $β_2$ — углы поворота стрелы экскаватора при разгрузке грунта; *3* — места стоянки экскаватора; *4* — вешка; *5* и *6* — центры тяжести правой и левой половин забоя

Шаг перестановки экскаватора в забое l зависит от наибольшего R_4 и наименьшего R_5 радиусов резания на уровне стоянки экскаватора. Он находится как разность этих радиусов, т. е. $l = R_4 - R_5$.

Для разработки грунта в котловане, например подземного гаража, необходимо предварительно устроить съезд. Длина его зависит от глубины котлована и продольного уклона. Максимальный уклон съезда i назначают из условия обеспечения возможности выезда из котлована автосамосвалов с грунтом и принимают 10...15 % (в зависимости от вида грунта, его плотности и влажности). При неблагоприятных геологических и климатических условиях на съездах необходимо устраивать временное покрытие из сборных плит.

Когда экскаватор прямая лопата разрабатывает грунт боковым забоем на второй и последующих проходках, автосамосвалы спускаются вниз котлована. При этом они занимают оптимальное положение, обеспечивающее минимальное время цикла работы экскаватора. Для быстрой и правильной установки автосамосвалов относительно экскаватора используют вешки (см. рис. 3.22, *б*).

Движение автосамосвалов в котловане и на пандусе по рыхло-

му (недобору), а временами и влажному грунту затруднительно. Особенно это сказывается при наличии высокого уровня грунтовых вод и при работе в дождливый осенне-весенний периоды года. Для уменьшения этих недостатков при разработке грунта в неглубоких котлованах автосамосвалы могут размещаться на поверхности земли или вышерасположенной подошве забоя, не спускаясь при этом вниз котлована. Такой способ должен быть предварительно проверен из условия возможной разгрузки грунта экскаватором, находящимся в забое (рис. 3.23).

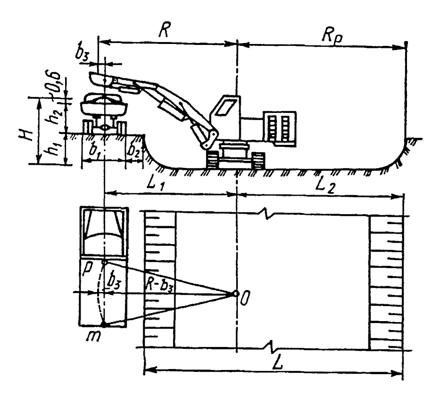


Рис. 3.23. Расположение автосамосвала относительно экскаватора прямая лопата

Зная наибольшую высоту разгрузки грунта H при наибольшем радиусе R и высоту автосамосвала h_2, найдем заглубление подошвы забоя относительно поверхности земли

$$h_1 = H - (h_2 + 0{,}6),$$

где 0,6 — величина, учитывающая возможность отсыпки грунта выше кузова (с «шапкой») и неровности дороги.

Ось транспортного пути располагается от оси пути экскаватора на расстоянии (м)

$$L_1 = R - b_3,$$

где b_3 — высота хорды перемещения ковша над кузовом автосамосвала, принимают в среднем $b_3 = 15...20$ см с учетом возможности разгрузки грунта в крайние точки кузова m и p.

Когда экскаватор прямая лопата отгружает грунт в транспорт, расположенный выше стоянки экскаватора, то ширина забоя по верху

$$L_1 = R_{\text{р}} + R - (b_2 + b_3 + b_1/2),$$

где $R_{\text{р}}$ — радиус резания грунта, м; R — наибольший радиус разгрузки грунта, м; b_1 — колея автосамосвала, м; b_2 — минимальное расстояние от оси колес до бровки, м; b_3 — высота хорды перемещения ковша над кузовом самосвала.

Если глубина выемки превышает оптимальную высоту забоя, то грунт разрабатывают по ярусам. Оптимальную высоту забоя можно принимать равной 0,7...0,8 наибольшей высоты резания грунта. Минимальную высоту забоя принимают (в среднем) равной трехкратной высоте ковша.

Экскаватор обратная лопата применяют для разработки грунта в траншеях, устраиваемых для подземных коллекторов и всех видов подземных сетей, а также в котлованах для зданий и соору-

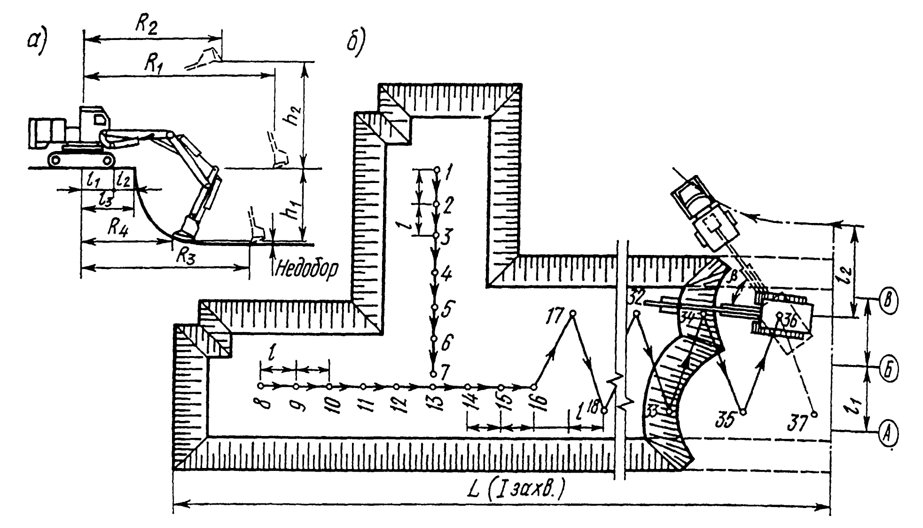


Рис. 3.24. Разработка грунта экскаватором обратная лопата в котловане подземного пешеходного перехода:

а — рабочие параметры экскаватора обратная лопата с механическим приводом: *б* — порядок разработки грунта в котловане подземного пешеходного перехода

жений. В городских условиях целесообразнее применять полноповоротные экскаваторы с гидроприводом, например: обратная лопата ЭО-3322А на пневмоколесном ходу. По сравнению с экскаваторами на гусеничном ходу у них меньший износ ходовой части, ниже шум при движении, не разрушают проезжую часть и могут перемещаться с объекта на объект со скоростью до 22 км/ч. Экскаватор располагается на поверхности земли и разрабатывает грунт ниже уровня своей стоянки. Если транспорт грунта осуществляется самосвалами, то последние не спускаются в котлован, а движутся по поверхности земли. Высокий уровень грунтовых вод в этом случае не ухудшает условий транспортировки грунта.

С помощью обратной лопаты разрабатывают грунт торцовыми и боковыми проходками. При *торцовой проходке* экскаватор перемещается по продольной оси будущей траншеи. *Боковые проходки* используются при рытье котлованов, аналогично работе экскаватора с прямой лопатой. В городском строительстве наибольшее применение нашел первый способ.

При строительстве подземных пешеходных переходов на эксплуатируемых улицах грунт, разрабатываемый обратной лопатой (рис. 3.24), необходимо вывозить. При погрузке грунта автосамосвалы должны занимать такое положение, при котором угол поворота стрелы экскаватора был бы минимальным, т. е. $\beta = 60...70°$. В новых районах застройки при строительстве подземных коллекторов или прокладке различных трубопроводов грунт можно разрабатывать с отсыпкой его в отвал. От того, где располагается подземный коллектор — на участке срезки или насыпи, — зависит

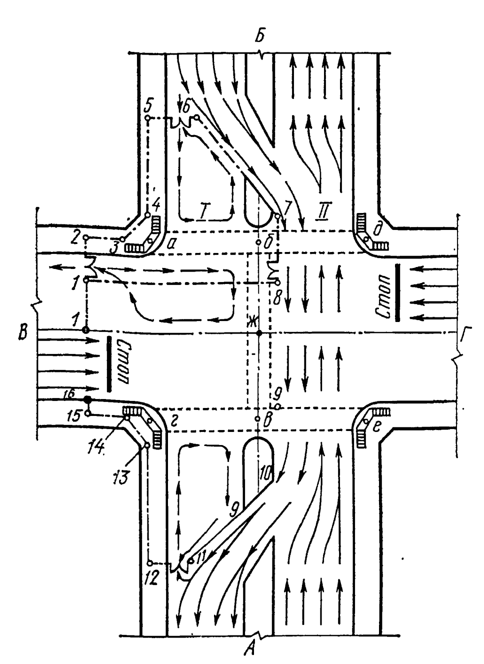


Рис. 3.25. Организация движения транспорта при строительстве подземного пешеходного перехода

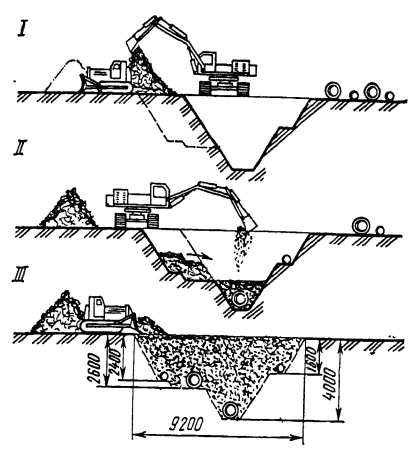


Рис. 3.26. Разработка грунта в траншее при совмещенной прокладке трубопроводов:

I, II, III — номера очередности выполнения земляных работ

отсыпка грунта на одну или обе стороны траншеи. Если коллектор располагается на участке насыпи, то грунт, за минусом обратной засыпки может быть спланирован вблизи коллектора как справа, так и слева траншеи. При расположении коллектора на участке срезки грунт необходимо размещать с той стороны траншеи, в каком направлении его будет перемещать бульдозер на участок насыпи. При монтаже трубопроводов вдоль траншеи необходимо оставить место для движения монтажного крана и транспортных средств. Грунт для обратной засыпки в этом случае может быть оставлен с одной стороны траншеи. При строительстве подземных коллекторов грунт для обратной засыпки пазух оставляют с двух сторон (чтобы не перемещать его в последующем через коллектор и не увеличивать срок выполнения работ при уплотнении грунта с двух сторон).

На перекрестке двух улиц принимают различное размещение подземных пешеходных переходов, что зависит от формы перекрестка, размеров движения транспортных и пешеходных потоков. На первом этапе могут быть построены пешеходные переходы на участках *а—б*, *б—ж* и *г—в* (рис. 3.25). На втором этапе движение городского транспорта переводится на построенные участки пешеходных переходов *а—б*, *б—ж*, *г—в* и строительство ведется на участках *б—д*, *в—е* и *в—ж*. Если на улицах *А—Б* и *В—Г* сохраняется движение городского транспорта в количестве 50 %, то строительство подземных пешеходных переходов необходимо вести в две очереди. При строительстве пешеходных переходов на первом этапе

I захватка должна иметь строительную площадку для производства всех видов работ. По периметру таких площадок устанавливают временное ограждение *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8*, *1* и *9*, *10*, *11*, *12*, *13*, *14*, *15*, *16*, *9*, которое должно исключить возможность попадания пешеходов и транспорта в зону производства работ.

До начала разработки грунта на площади будущего котлована снимается асфальтобетонное покрытие и бетонное основание. Земляные работы на захватке *II* начинаются лишь после того, как на первой восстановлена проезжая часть и на нее переведено все движение городского транспорта.

На рис. 3.24, *б* показана разработка грунта в котловане подземного пешеходного перехода. На участках *1—7* и *8—16* экскаватор разрабатывает грунт торцовой проходкой, а на участках *17—37*, где ширина выемки увеличилась, — с зигзагообразным перемещением.

Экскаватор обратная лопата применяют также для разработки грунта в траншеях при совмещенном способе прокладки трубопроводов (рис. 3.26). При первой проходке экскаватор разрабатывает наиболее глубокую часть траншеи для самотечного трубопровода. После этого сразу же производят укладку труб канализации или водостока. При второй проходке экскаватор разрабатывает грунт на уступах для трубопроводов мелкого заложения (водопровод, газопровод, теплосеть), а грунт отсыпает в глубокую траншею с уложенным трубопроводом. Совмещенная прокладка трубопроводов позволяет сократить расстояние между подземными коммуникациями, благодаря чему объем земляных работ уменьшается на 20...40 %, а стоимость прокладки трубопроводов — на 6...8 %.

Экскаватор драглайн разрабатывает грунт ниже уровня своей стоянки в больших и глубоких котлованах, каналах, выемках автомобильных дорог и транспортных пересечениях в разных уровнях, в траншеях для подземных коммуникаций, а также при возведении насыпей из резервов. Достоинство экскаватора драглайн состоит в том, что он может разрабатывать грунт в выемках глубиной до 13 м и отсыпать его на большее расстояние, чем экскаватор обратная лопата. При строительстве оросительных каналов, больших гидротехнических сооружений применяют шагающие экскаваторы драглайны с емкостью ковша 4...25 м^3 и длиной стрелы до 100 м. Грунтовые воды, появляющиеся на поверхности основания, оказывают меньшее влияние на условия разработки и транспортировки грунта, так как экскаватор драглайн и автосамосвалы перемещаются по поверхности земли. Параметры драглайна показаны на рис. 3.27.

При разработке грунта в выемке транспортного пересечения тоннельного типа целесообразно применять драглайн в сочетании с прямой лопатой. Для этого необходимо предварительно снять асфальтобетонное покрытие, бетонное основание и забить металлические сваи.

Для восприятия бокового давления грунта (от призмы обрушения) по периметру будущего котлована, начиная с глубины 1,5 м

и более, забивают двутавровые сваи № 55 (рис. 3.28). Расстояние между ними и величину погружения определяют расчетом в зависимости от глубины котлована, полезной нагрузки, вида грунта и его влажности. Из опыта строительства таких пересечений среднее расстояние между сваями принимают: при глубине котлована 8 м — $l_1 = 0{,}8$ м, в средней части котлована при глубине 6 м — $l_2 = 1$ м и в мелкой части котлована при глубине 1,5...3 м — $l_3 = 1{,}2$ м. Глубину забивки свай ниже дна котлована принимают: в рыхлых грунтах равной $H/2$, а в плотных грунтах — $H/3...H/4$, где H — глубина котлована.

Асфальтобетонное покрытие и бетонное основание снимают на длине участка шириной B'.

Рис. 3.27. Рабочие параметры экскаватора драглайн

Расстояние от оси подпорной стенки до ряда забитых металлических свай принимают $b_2 = 2{,}2$ м (с учетом возможности установки трубчатых лесов). Это пространство необходимо для заделки вертикальных швов, устройства гидроизоляции, нижнего монолитного пояса, постоянного дренажа и. монтажа иглофильтровой установки, для временного понижения уровня

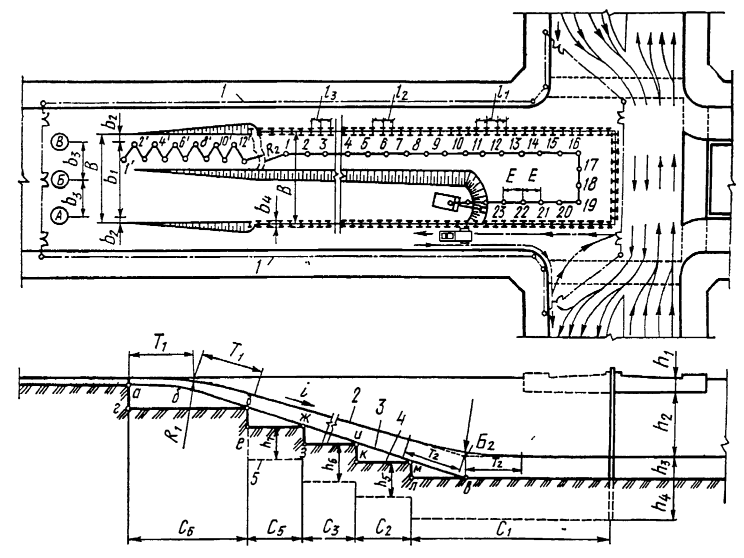


Рис. 3.28. Разработка грунта в выемке для транспортного пересечения в разных уровнях:

1 — временное ограждение объекта строительства на втором участке работ; *2* — проезжая часть пандуса; *3* — основание пандуса; *4* — основание фундаментов подпорной стенки (по секциям); *5* — низ временно забитых металлических свай

грунтовых вод (если они имеются). До начала строительных работ зона участка должна быть ограждена и иметь специальные въезды и выезды для транспортных средств.

На рис. 3.28 показано производство земляных работ на втором участке, когда монтажные работы закончены на первом участке и движение городского транспорта переведено на смонтированную часть туннеля. Грунт разрабатывается в выемке шириной *B*. На пандусе разработку грунта начинают с нулевых отметок и до глубины 1,5 м ведут с откосами экскаватором прямая лопата (участок *1'*, *2'*, *3'*, ..., *13'*). На участке *1*, *2*, *3* и т. д. грунт разрабатывают драглайном с емкостью ковша 1 м³. Достоинство такого варианта состоит в том, что драглайн располагают на поверхности земли. Разработку грунта ведут сразу на всю глубину выемки, что позволяет быстрее подготовить фронт работ монтажникам. Автосамосвалы перемещаются по существующему покрытию. Драглайн не в состоянии разрабатывать грунт вплотную к металлическим сваям и в углах выемки (*16* и *19*). Для этих целей используют экскаватор прямая лопата с емкостью ковша 0,25...0,5 м³, имеющий направленное движение ковша.

Параллельно с разработкой грунта устраивают забирку между двутавровыми сваями из досок толщиной 60 мм внизу котлована и 40...50 мм в его верхней части. Чтобы исключить отрыв от массива призмы обрушения, пространство между забиркой из досок и вертикальной стенкой котлована засыпают песком с уплотнением. Экскаватор ЭО-2621А, оборудованный обратной лопатой с навесным бульдозером, не только разрабатывает грунт в траншеях под фундаменты, но и перемещает недобор грунта в зону работы драглайна. Пандус *3* имеет уклон i, а основания секций *4* — ступенчатые горизонтальные участки C_2, C_3, C_4 и т. д. Грунт под фундаменты подпорных стенок пандусов разрабатывается экскаватором ЭО-3322А, а уступы с вертикальными стенками *а—г*, *д—е*, *ж—з*, *и—к* окончательно профилируются вручную. Этим же экскаватором на участке пандуса разрабатывается грунт в траншеях под распорные балки.

Грейфер применяют для разработки в узких, но глубоких выемках (опускные колодцы, шахты, шурфы), при углублении дна реки или искусственного водоема, а также для погрузки и разгрузки сыпучих материалов.

На рис. 3.29, *а*, *б* показана разработка грунта грейфером в выемке (шахтном стволе) для оборудования при бестраншейной прокладке трубопроводов. Разработку грунта в выемке до отметки ведут с вертикальными стенками. Челюстные грейферы применяют для разработки грунта при устройстве вертикальных скважин, погружения свай оболочек и других работах.

При разработке плотных грунтов производительность грейферов резко снижается, поэтому в таких случаях рационально применять виброгрейферы продольно-вращательного действия ПВ-1, ПВ-2, ПВ-3П, ПВ-4П, ПВ-500 с емкостью грунтозаборника соответственно 0,3; 4; 1; 0,5 и 0,3 м³ и с минимальным диаметром

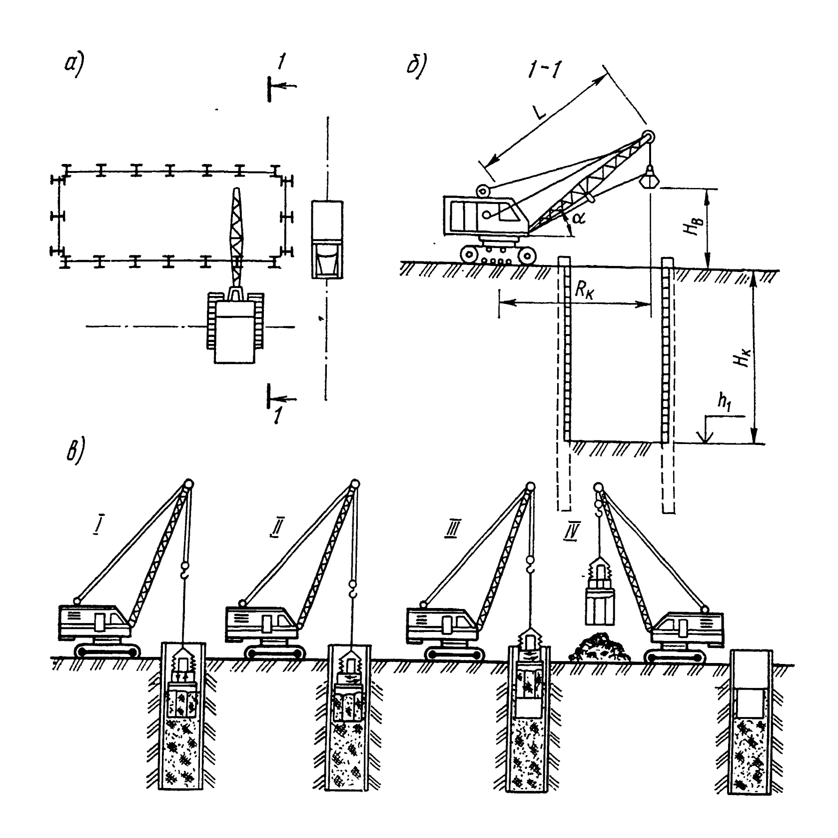


Рис. 3.29. Разработка грунта грейфером:

а — в выемке с вертикальными стенками; *б* — параметры грейфера; *в* — схема производства работ с виброгрейфером; *I* — погружение; *II* — срыв; *III* — извлечение; *IV* — разгрузка; *L* — длина стрелы; $R_к$ — радиус копания; $H_к$ — глубина копания; $H_в$ — наибольшая глубина выгрузки

грунтозаборника 500...1700 мм. Виброгрейфер (рис. 3.29, *в*) представляет собой стальной цилиндр, внизу которого располагается сменный грунтозаборник, разделенный внутренними перегородками на отдельные ячейки (для извлечения грунтов средней плотности). Сверху стального стакана размещается вибратор. Погружение виброгрейфера в грунт происходит под воздействием продольных колебаний, а срыв его с места (после заполнения грунтом) — под воздействием вращательных колебаний и подъемного усилия крана. Виброгрейфер опускается и поднимается из выемки с помощью крана. Разгрузка грунта из грунтозаборника производится при продольных колебаниях. Для разработки грунта применяют и грейферы с жесткой подвеской (напорной штангой).

3.16. Разработка грунта многоковшовыми экскаваторами

Многоковшовые экскаваторы — машины непрерывного действия. В конструктивном отношении они делятся на цепные (с ковшовой цепью) и роторные (с ковшовым или фрезерным ротором). По типу ходового оборудования траншейные экскаваторы бывают на гусеничном или пневмоколесном ходу. В городском строительстве нашли применение траншейные экскаваторы продольного копания, отрывающие траншеи с вертикальными стенками или с крутыми откосами.

Цепные траншейные экскаваторы на гусеничном ходу используют для рытья траншей глубиной до 3,5 м и шириной до 1 м (например, ЭТЦ-252). Экскаватор имеет ковшовую наклонную раму, которая в своей верхней части шарнирно соединена с рамой экскаватора. Грунт осыпается в отвал на одну сторону траншеи с помощью ленточного транспортера. Глубину разработки грунта регулируют гидроцилиндром, опуская или поднимая ковшовую раму. Чтобы автоматизировать этот процесс и обеспечить траншее заданный продольный уклон, параллельно продольной оси траншеи натягивают по специальным стойкам копирный трос, имеющий проектный уклон.

Более точно выдержать продольный уклон траншеи можно, если траншейный экскаватор оборудовать прибором управления лучом (ПУЛ), работающим по принципу оптической следящей системы, в которой фотоэлемент реагирует на любые отклонения от оси луча, заранее установленного параллельно будущему дну траншеи.

При разработке малосвязных грунтов экскаватором ЭТУ-353 траншеи можно устанавливать ступенчатого сечения. Для этого на ковшовую раму устанавливают поперечные шнеки различной длины. Траншеи с откосами роют, используя универсальный траншейный экскаватор ЭТУ-354А.

Роторные экскаваторы на гусеничном ходу применяют для устройства траншей глубиной до 3 м и шириной до 2,5 м. Экскаватор с ковшовым ротором ЭТР-162 разрабатывает грунт в траншеях глубиной до 1,6 м и шириной 0,8 м. В комплект экскаватора входит трактор и навесное роторное колесо, оборудованное ковшами с зубьями. Для отсыпки грунта в отвал на любую сторону траншеи во внутренней полости роторного колеса имеется ленточный транспортер. Зачистку дна траншеи производят зачистным башмаком, подвешенным к раме ротора.

Роторный экскаватор ЭТР-134 и другие применяют для разработки мерзлого грунта в траншеях.

В основаниях зданий и сооружений нельзя допускать разработки грунта ниже подошвы фундамента. Экскаваторы по своим конструктивным особенностям не могут отрывать котлованы и траншеи точно до проектной отметки (по глубине выемки), поэтому разработку грунта ведут с недобором. В соответствии со СНиП III-8—76, табл. 11 недобор грунта для одноковшовых экскаваторов не должен превышать: при емкости ковша 0,25...0,4 м^3 с рабочим

оборудованием прямая лопата — 50 мм, обратная лопата — 100 мм и драглайн — 150 мм, при емкости ковша 0,5...0,65 м³ — соответственно 100, 150 и 200 мм.

При разработке грунта многоковшовыми экскаваторами и скреперами недобор в выемке не должен превышать 5 см, а бульдозером — 10 см. В котлованах недобор разрабатывают бульдозером непосредственно перед устройством бетонной подготовки или фундамента. В тех местах, где произошли случайные переборы грунта, выемки необходимо заполнить тем же грунтом (однородным по составу) или песком, щебнем с соответствующим уплотнением. В основаниях под особо ответственные сооружения переборы заполняют тощим бетоном.

При подготовке оснований под фундаменты нельзя допускать ухудшения природных свойств грунта в результате замачивания, размывания грунтовыми и поверхностными водами, повреждения механизмами и транспортными средствами, промерзания и выветривания. Не допускается разрыв в работе по устройству траншей и фундаментов, а при вынужденных перерывах необходимо принять меры к сохранению природных свойств грунта. Зачистка основания траншей и котлованов должна выполняться непосредственно перед устройством фундаментов.

Основание траншей и котлованов, подготовленное для устройства фундаментов, должно быть принято по акту комиссией, состоящей из представителей заказчика, подрядчика, а в необходимых случаях и проектной организации. В приемочном акте на скрытые работы комиссия должна установить правильность разбивки возводимого здания, установить соответствие проекту отметок дна котлована и траншей, напластования, свойств и допускаемого напряжения грунта.

3.17. Производительность экскаваторов

Максимальная производительность землеройных машин достигается при разработке грунта укрупненными комплексными хозрасчетными бригадами. При строительстве, например, городской магистрали специализированные звенья комплексной бригады выполняют все работы, связанные с разработкой, транспортировкой, планировкой и уплотнением грунта.

Часовая эксплуатационная производительность (м³/ч) одноковшового экскаватора

$$П_э = 3600 q k_н k_в / (t_ц k_{п.р}), \qquad (3.5)$$

где q — вместимость ковша, м³; $k_н$ — коэффициент наполнения ковша разрыхленным грунтом, зависит от вида экскаватора, группы грунта и определяется как отношение объема разрыхленного грунта в ковше к его геометрической емкости; $k_в$ — коэффициент использования экскаватора по времени; $t_ц$ — продолжительность цикла экскаватора при средних условиях работы, с; $k_{п.р}$ — коэффициент первоначального разрыхления грунта. Значения коэффициентов $k_н$, $k_в$ и $k_{п.р}$ принимают по ЕНиР, сб. 2, вып. 1.

Если известно количество циклов в минуту n, то эксплуатационную производительность

$$П_э = 60nqk_н k_в / k_{п.р}.$$

Время цикла работы одноковшового экскаватора $t_ц = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$, где t_1 — время набора грунта ковшом, с; t_2 — время подъема ковша с поворотом платформы к месту разгрузки, с; t_3 — время разгрузки грунта, с; t_4 — время обратного поворота платформы с опусканием ковша в забой для набора грунта, с. Причем сумма величин t_2 и t_4 составляет 60...70 % общего времени цикла. Время цикла зависит от рационального выбора грузоподъемности транспортных средств и правильной их расстановки относительно экскаватора. Необходимо стремиться к тому, чтобы угол поворота стрелы экскаватора при разгрузке грунта в отвал или на транспортные средства был минимальным. Ковш должен полностью заполняться грунтом за период одного черпания. Высота забоя зависит от плотности грунта и емкости ковша.

Разработку плотных грунтов в плоскости забоя ведут в шахматном порядке, т. е. с отступом от предыдущей полосы резания на величину меньше ширины ковша. При повороте стрелы в обратном направлении снимают полосы несрезанного грунта (целики), что способствует более быстрому заполнению ковша грунтом, так как боковое сопротивление резанию при этом уменьшается. Песчаные грунты разрабатывают последовательными полосами (стружками) с небольшим перекрытием предыдущих полос или с применением полусвободной схемы среза грунта.

Чтобы исключить прилипание к стенкам ковша влажного глинистого грунта, разработку его необходимо вести тонкой стружкой, избегая плотного набивания ковша. Для лучшей выгрузки грунта из ковша на его стенку устанавливают вибратор. Внутренние поверхности стенок и днища ковша необходимо периодически очищать от налипшего или намерзшего грунта. Место стоянки экскаватора должно иметь горизонтальную поверхность, поэтому путь движения экскаватора необходимо предварительно выровнять бульдозером.

Часовая эксплуатационная производительность (м^3/ч) многоковшового цепного экскаватора

$$П_{э.ц} = \frac{3600qk_н k_в}{(l/v)1000k_{п.р}} = \frac{3{,}6vqk_н k_в}{lk_{п.р}},$$

где q — геометрическая вместимость ковша, л; $k_п$, $k_в$, $k_{п.р}$ — см. формулу (3.43); l/v — время (частота) разгрузки ковшей, с; l — расстояние между ковшами, м; v — скорость вращения многоковшовой цепи, м/с.

Производительность роторного траншейного экскаватора

$$П_{э.р} = 60nmqk_п k_в / (1000k_{п.р}),$$

где n — частота вращения ротора, мин$^{-1}$; m — число ковшей на роторе.

3.18. Транспортировка грунта

Транспортировка грунта в городском строительстве при работе экскаваторов осуществляется наиболее маневренными машинами— автосамосвалами. В редких случаях для этих целей применяют транспортеры. Количество автосамосвалов определяют из условия обеспечения бесперебойной работы экскаватора

$$N = (t_{уст.п} + t_п + t_{пр} + t_{уст.р} + t_р + t_м)/(t_{уст.п} + t_п),$$

где $t_{уст.п}$ — продолжительность установки автосамосвала под погрузку, мин; $t_п$ — продолжительность погрузки автосамосвала, мин; $t_{пр}$ — продолжительность пробега автосамосвала в оба конца, мин; $t_{уст.р}$ — продолжительность установки автосамосвала под разгрузку, мин; $t_р$ — продолжительность разгрузки автосамосвала, мин; $t_м$ — продолжительность технологических перерывов, возникающих в течение рейса (маневры, разъезды), мин. Значения всех элементов, входящих в формулу (3.47), приведены в Руководстве по организации труда при производстве строительно-монтажных работ, гл. 2. Земляные работы. М., ЦНИИОМТП, 1971.

Из графика работы атмосамосвалов при обслуживании одноковшовых экскаваторов (рис. 3.30) видно, что экскаватор обслуживает шесть автосамосвалов N_1, N_2, N_3 и т. д., т. е. участок $a—e=T_ц$ делится на шесть отрезков $ab = t_п$. Как только автосамосвал N_1 отъехал от экскаватора (точка b), в это время автосамосвал N_2 становится под погрузку. Время погрузки грунта зависит от цикла работы экскаватора, емкости ковша и грузоподъемности автосамосвала. Предварительно определяют количество ковшей с грунтом $n_к$, необходимых для загрузки одного автосамосвала,

$$n_к = Q/(\rho q k_н/k_{п.р}) = Q k_{п.р}/(\rho q k_н),$$

где Q — грузоподъемность автосамосвала, т; ρ — плотность грунта, т/м^3; q — геометрическая вместимость ковша экскаватора, м^3; $k_н$ и $k_{п.р}$ — см. формулу (3.5).

Время (мин) погрузки грунта в автосамосвал определяется с учетом технических потерь времени

$$t_п = n_к t_{ц.э}/k_в,$$

где $t_{ц.э}$ — время цикла работы экскаватора, мин; $k_в$— коэффициент использования экскаватора по времени.

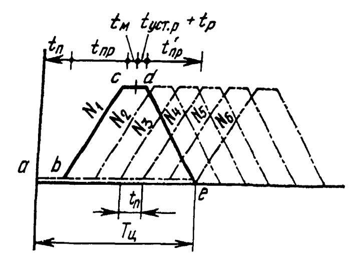


Рис. 3.30. График работы автосамосвалов при обслуживании одноковшовых экскаваторов

Время транспортировки зависит от расстояния l, на которое перевозится грунт, скорости движения $v_{ср}$ и местных условий (вида покрытия проезжей части и ее состояния, интенсивности движения по городским улицам транспорта, пешеходов, количества регулируемых пересечений, пешеходных переходов в одном уровне и т. д.). В усло-

виях города среднюю скорость движения автосамосвалов при регулируемой системе принимают равной 20...30 км/ч

$$t_{\text{пр}} = l/v_{\text{ср}}.$$

Если автосамосвал после разгрузки грунта возвращается к экскаватору с такой же скоростью, как и при транспортировке грунта, то $t'_{\text{пр}} = t_{\text{пр}}$, а общее время на проезд в обоих направлениях

$$t_{\text{пр}} = 2l/v_{\text{ср}}.$$

Грузоподъемность автосамосвалов принимают с учетом емкости ковша экскаватора и расстояния транспортирования грунта. Для повышения производительности экскаватора целесообразно использовать автосамосвалы бóльшей грузоподъемности, так как чем больше ковшей грунта входит в кузов автосамосвала, тем меньше потерь времени у экскаватора. При частой смене автосамосвалов время цикла работы экскаватора увеличивается, но количество перевозимых тонно-километров за смену уменьшается. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо произвести технико-экономическое сравнение транспортировки грунта автосамосвалами различной грузоподъемности с учетом емкости ковша экскаватора.

Для повышения коэффициента использования транспорта по времени целесообразно свести время простоя автосамосвала под погрузкой до минимума. Вместимость кузова автосамосвала должна быть равна как минимум 3...4 объемам ковша экскаватора. Рациональная и наименьшая грузоподъемность самосвалов в зависимости от емкости ковша экскаватора и расстояния транспортирования грунта приведена в табл. 6 и 7 СНиП III-8—76.

Для определения оптимальной работы транспортных средств необходимо применять приборы автоматического учета, позволяющие получать объективную информацию о степени использования грузоподъемности автосамосвала за каждый рейс и расстоянии перевозимого груза.

3.19. Разработка грунта скреперами

Объем земляных работ, выполняемых скреперами, из года в год увеличивается и в 1980 г. достиг 1,48 млрд. м³. Скрепер — землеройно-транспортная машина, используемая при планировке кварталов, инженерной подготовке территории под застройку, устройстве насыпей автомобильных дорог, земляных трибун стадионов, плавательных бассейнов, искусственных городских водоемов, дамб, каналов и других сооружений. Скрепер послойно разрабатывает, транспортирует и разгружает грунт равномерным слоем на участке насыпи. Расстояние перевозки грунта зависит от вместимости ковша скрепера и его ходовой части. С помощью прицепных скреперов целесообразно транспортировать грунт при ковше вместимостью до 3 м³ — на расстояние не более 250 м; 6...6,5 м³ — 350 м; 8...10 м³ — 550 м и 15 м³ — не более 1000 м, а полуприцепными — с одноосными быстроходными тягачами и самоходными скреперами с ковшом емкостью 6...8 м³ — не более 1500 м; 10 м³ — 2500 м и 15 м³ — не более 5000 м.

Скреперы бывают прицепные, полуприцепные и самоходные. Наибольшее распространение получили самоходные скреперы ДЗ-32, ДЗ-13, ДЗ-115 и ЭТМ1-38 с вместимостью ковша 8 и 15 м^3, которые имеют скорость передвижения 50...55 км/ч.

Для повышения производительности скрепера и снижения себестоимости разработки грунта целесообразно увеличивать вместимость ковша (до 40 м^3 и более), применять более совершенную конструкцию скрепера и автоматические устройства, обеспечивающие оптимальный режим его работы. С этой целью разработаны новые модели скреперов. Например, скрепер ДЗ-67 с вместимостью ковша 25 м^3 имеет все ведущие колеса со встроенными электродвигателями и редукторами (мотор-колеса). Его электрическая трансмиссия обеспечивает автоматическое изменение режима работы в зависимости от изменения нагрузки, а также перераспределение мощности на мотор-колесах в момент пробуксовки одного из них. Мощность дизельного двигателя 625 кВт. Такой скрепер может эксплуатироваться при температуре до —40 °С. Разрабатывать грунт I...III категории без толкача и отсыпать его слоем толщиной до 650 мм.

К новым моделям относится и полуприцепной скрепер с одноосным тягачом ДЗ-107 с ковшом вместимостью 25 м^3. Он имеет два двигателя мощностью по 405 кВт, гидравлическую трансмиссию, все ведущие колеса, пневмогидравлическую и электрогидравлическую системы управления. Этот скрепер обеспечивает ширину резания 3,9 м, глубину резания до 400 мм, а отсыпку грунта слоем толщиной до 600 мм. Его техническая производительность составляет 1000...1100 м^3 в смену (при разработке грунтов средней плотности с дальностью транспортирования до 1,5 км).

Для уменьшения сопротивления в период резания грунта и заполнения им ковша создан новый образец самоходного скрепера ЗТМ1-38 с ковшом вместимостью 15 м^3, оборудованного элеваторной загрузкой, что обеспечивает более высокое качество планировочных работ. ВНИИСтройдормашем разработана автоматическая система «Стабилоплан-1», позволяющая из кабины машиниста регулировать угловое положение рабочего органа скрепера и выбирать оптимальный режим его работы.

При разработке грунта скреперами применяют следующие схемы движения: по эллипсу, восьмеркой, зигзаг, спираль и поперечночелночную. Выбор схемы движения скрепера зависит от вида, формы и размеров возводимого земляного сооружения. Лучшей схемой считается та, которая обеспечивает максимальную производительность скрепера и нормальные условия его эксплуатации.

Разработку грунта с движением скрепера по *эллипсу* широко используют при планировке участков под застройку и спортивные сооружения (рис. 3.31, *а*). Например, на участке *АБВГ* необходимо выполнить планировку и строительство плавательного бассейна с земляными трибунами. Для комплексной механизации земляных работ подбирают комплект машин, в который входят: экскаватор, скрепер, бульдозер и грунтоуплотняющие машины. Имеющийся на

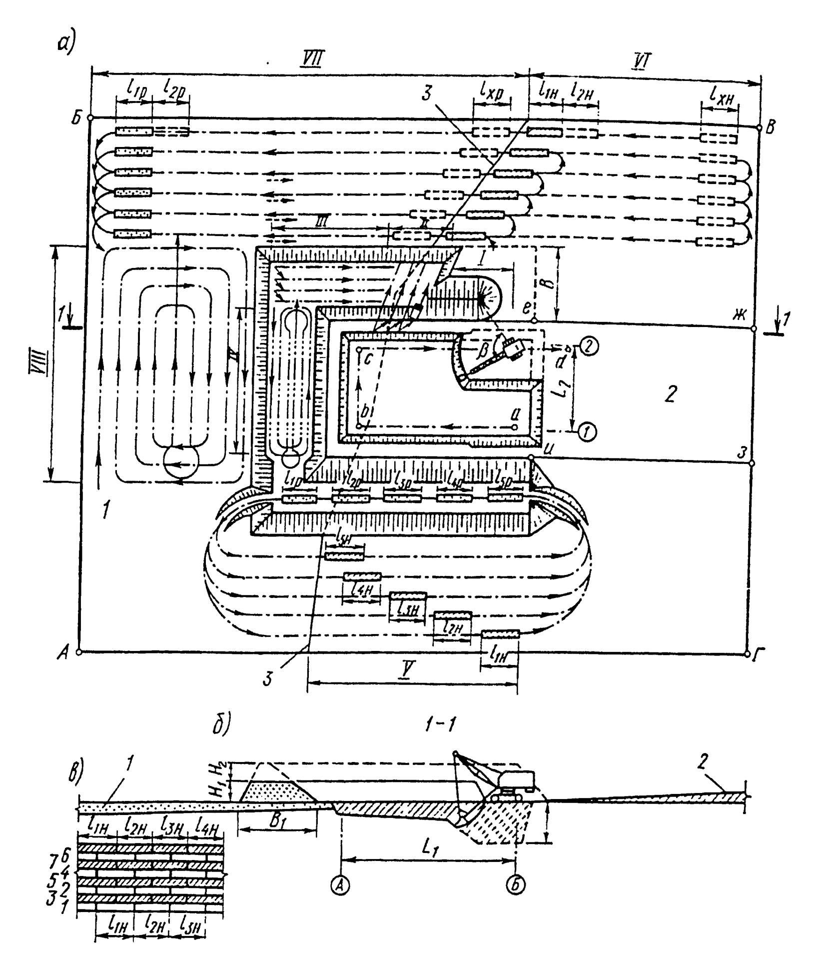


Рис. 3.31. Комплексная механизация земляных работ:

а — план участка с указанием схем работы комплекта машин; *б* — продольный разрез; *в* — организация работы скрепера: *I* — устройство котлована бассейна экскаватором-драглайном с отсыпкой грунта в трибуны бассейна высотой H_1; *II* — перемещение грунта бульдозером в отдельные точки трибун; *III* — планировка грунта в трибунах бульдозером; *IV* — уплотнение грунта в трибунах; *V* — разработка грунта скрепером на участке срезки с отсыпкой недостающего грунта в верхнюю часть трибун высотой H_2; *VI* — разработка грунта скреперами на участке срезки; *VII* — отсыпка грунта скреперами на участке насыпи; *VIII* — планировка и уплотнение грунта на участке насыпи; *1* — насыпь; *2* — срезка; *3* — линия нулевых работ

указанном участке растительный грунт снимают бульдозером и размещают по периметру участка (при небольших его размерах). Для того чтобы обеспечить бетонщикам фронт работ по устройству монолитной железобетонной ванны плавательного бассейна, необходимо разработку грунта в котловане производить экскаватором. Чтобы уменьшить путь движения скрепера, не объезжая котлован бассейна с трибунами, грунт на площади *е—ж—з—и* рациональнее снять до начала работы экскаватора. Разработку грунта

в котловане бассейна шириной $L_2 = 25$ м с отсыпкой его на трибуны шириной $B = 20...30$ м целесообразнее производить драглайном. Он обеспечивает разработку грунта на проектную глубину $h = 5$ м и отсыпку его в трибуны на максимальное расстояние от места стоянки. При указанных размерах экскаватор не может отсыпать грунт по всей ширине трибун B. Поэтому для получения полного профиля земляной насыпи необходимо грунт, отсыпанный экскаватором (участок *I*), переместить бульдозером (участок *II*). Отсыпанный грунт в кучи планируют на трибунах бульдозером (участок *III*) и далее уплотняют послойно самоходными катками или грунтоуплотняющими машинами (участок *IV*). Недостающий грунт в трибунах отсыпают на высоту H_2 (рис. 3.31, *б*) скреперами, которые снимают его на участке срезки (участок *V*). После устройства трибун оставшийся грунт на участке срезки разрабатывают скреперами (участок *VI*) и перемещают на участок насыпи (участок *VII*).

Как при планировке участка, так и при отсыпке грунта в трибуны используют движение скрепера по эллипсу. При этом за один цикл скрепер производит один раз набор грунта, одну разгрузку и два поворота на 180° в одну сторону. Чтобы устранить односторонний износ ходовой части скрепера, необходимо (где это возможно) периодически изменять направление его движения. Разработку грунта скрепером начинают у линии нулевых работ $l_{1н}$ с отсыпкой его в отдаленные места насыпи $l_{1р}$.

Лучшее заполнение ковша грунтом достигается при разработке супесчаных и легких суглинистых грунтов оптимальной влажности. Для уменьшения общего сопротивления при резании грунта скрепер должен двигаться под уклон. При разработке тяжелых грунтов скреперами необходимо произвести предварительное их рыхление.

Сопротивление при резании грунта можно уменьшить, если применить шахматно-гребенчатую схему, при которой скрепер разрабатывает грунт не последовательными полосами, а через одну, т. е. предварительно срезает грунт на полосах *1* и *2*, а затем между ними — на полосе *3* (см. рис. 3.31, *в*). Промежуточные полосы *3*, *5*, *7* и т. д. имеют меньшую ширину, чем полосы *1*, *2*, *4*, *6*. Такая очередность разработки позволяет уменьшить сопротивление при резании, так как при снятии стружки на полосах *3*, *5*, *7* и т. д. отсутствует боковое трение грунта о ковш.

При строительстве линейных сооружений — насыпей автомобильных дорог, обвалования вдоль рек и др. — целесообразно применять движение скрепера по **схеме восьмерка** (рис. 3.32). Работа по этой схеме повышает производительность скрепера, так как за один цикл выполняется дважды набор и разгрузка грунта. Движение скрепера непрерывно сочетается с правыми и левыми поворотами, что создает благоприятные условия для равномерного износа ходового оборудования. Наличие въездов и съездов позволяет возводить насыпи большой высоты. Продольные уклоны выездов из выемок и въездов на насыпи не должны превышать для прицепных

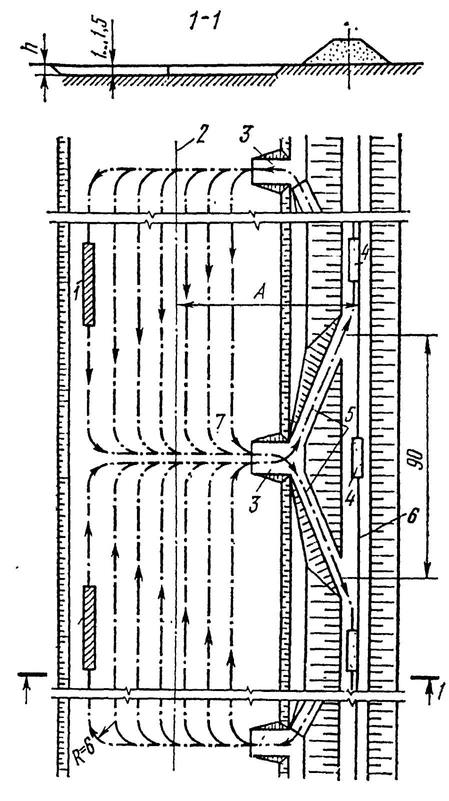


Рис. 3.32. Возведение насыпи из бокового резерва скрепером при движении его по схеме восьмерка (размеры в м):

1 — путь набора грунта скрепером в резерве; *2* — ось резерва; *3* — съезды-выезды в резерв грунта; *4* — разгрузка грунта на насыпи; *5* — съезды-выезды на насыпь *6* — ось насыпи; *7* — путь движения скреперов; *h* — глубина резерва; *A* — расстояние между серединой резерва и насыпи; *B* — ширина резерва по низу

скреперов более 15 %, а их ширина должна быть не менее 4 м. Расстояние между съездами и въездами зависит от высоты насыпи и принимается 50...100 м. Без грунта скреперы могут преодолевать подъем 17 %, а уклон — 30 %.

Зигзагообразную схему движения скрепера (рис. 3.33) применяют при устройстве насыпей большой протяженности. Грунт из боковых резервов отсыпают в насыпь. Скреперы, двигаясь зигзагообразно вдоль насыпи друг за другом (со смещением зигзага), попеременно то спускаются в выемку для набора грунта, то поднимаются на насыпь для его разгрузки. Достоинство этой схемы состоит в том, что при движении скрепера уменьшается количество поворотов; левые повороты сочетаются с правыми, благодаря чему устраняется неравномерный износ ходовой части скрепера.

Движение скрепера по **спирали** (рис. 3.33, *б*) производится при устройстве насыпей небольшой высоты из двустороннего резерва небольшой ширины. Поскольку разработка и отсыпка грунта в насыпь ведется с непрерывным смещением спирали на величину шага спирали, выезд из выемки и въезд на насыпь осуществляются по пологим откосам. За один цикл скрепер по этой схеме выполняет дважды набор ($l_{1н}$ и $l_{2н}$) и дважды разгрузку грунта ($l_{1р}$ и $l_{2р}$). Повороты осуществляются в одну сторону, что вызывает неравномерный износ ходовой части скрепера.

Поперечно-челночную схему движения скрепера (рис. 3.33, *в*) используют при отсыпке грунта в насыпь небольшой высоты или устройстве мелких котлованов с пологими откосами. Если устраивают насыпь из двусторонних резервов, то ширина их должна быть более длины участка набора грунта $l_н$. Путь движения скрепера как с грунтом, так и после разгрузки грунта получают минималь-

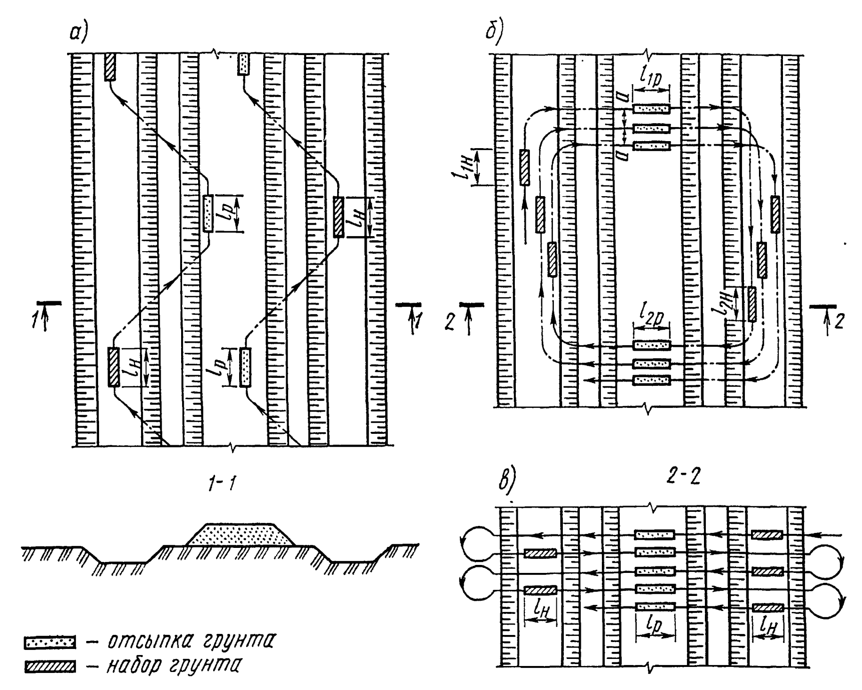


Рис. 3.33. Схемы движения скрепера:
а — зигзагообразная; *б* — по спирали; *в* — поперечно-челночная

ным. Разворот скрепера осуществляется на угол 180° с минимальным радиусом.

Часовая эксплуатационная производительность (м³/ч) скреперов

$$П_э = 60qk_нk_в/(t_{ц.с}k_{п.р}),$$

где $t_{ц.с}$ — продолжительность цикла (оборота) скрепера, мин.

Продолжительность цикла скрепера

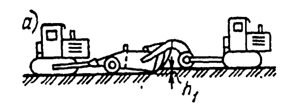
$$t_{ц.с} = l_1/v_1 + l_2/v_2 + l_3/v_3 + l_4/v_4 + t_0,$$

где l_1, l_2, l_3, l_4 — длины пути, м (см. рис. 3.20); v_1, v_2, v_3, v_4 — скорости движения скрепера соответственно: при наборе, транспортировании, разгрузке грунта и перемещении порожнего скрепера, м/мин; t_0 — дополнительные затраты времени, необходимые на переключение передач, подъем и опускание передней заслонки, подъем ковша в транспортное положение, развороты скрепера после погрузки и разгрузки; в среднем t_0 = 1...2 мин.

Длина пути набора грунта зависит от емкости ковша скрепера, ширины и толщины срезаемого слоя, вида грунта и находится из выражения

$$l_1 = qk_н/(bhk_{п.р}),$$

где b — ширина полосы резания грунта, м; h — толщина срезаемого слоя грунта, м.



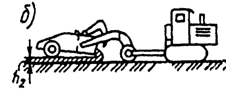


Рис. 3.34. Последовательность технологических операций, выполняемых скрепером:
а — загрузка ковша грунтом с толкачом; *б* — выгрузка грунта из ковша

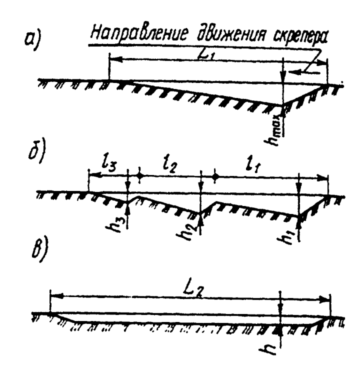


Рис. 3.35. Режим резания грунта ножом скрепера:
а — клиновидная стружка; *б* — гребенчатая стружка; *в* — тонкая стружка постоянной толщины

Для сокращения времени цикла работы скрепера необходимо транспортировать грунт в отвал на 2...3-й передаче и возвращаться на участок набора грунта на 3...4-й передаче.

В момент набора грунта, когда скрепер испытывает наибольшее сопротивление, целесообразно применять на группу скреперов один трактор-толкач (рис. 3.34, *а*). Количество землеройно-транспортных машин, обслуживаемых одним толкачом, зависит от вместимости ковша скрепера, расстояния перемещения грунта и принимается по ЕНиР (сб. 2, вып. 1). Такое сочетание машин позволяет увеличить толщину стружки, наполнение ковша грунтом и уменьшить время цикла на 40 %. При правильной организации работ стоимость разработки грунта скреперами в 1,5...2 раза меньше стоимости разработки его экскаваторами, так как в последнем случае в 2...3 раза увеличивается количество рабочих, необходимых для транспортировки грунта автосамосвалами и зачистки основания котлованов. Набор грунта необходимо производить на прямолинейном участке пути при движении под уклон. Длина участка набора должна быть достаточной для полного заполнения ковша, а фронт разгрузки — для полного освобождения ковша от грунта (см. рис. 3.34, *б*). Путь движения груженого скрепера принимают минимальным, он не должен иметь крутых поворотов.

С помощью скрепера грунт срезается клиновидной, гребенчатой и тонкой стружкой постоянной толщины (рис. 3.35).

Для рационального использования скреперов применяют приборы автоматического учета, позволяющие определять количество рейсов за смену, фактический объем перевезенного грунта и путь, пройденный скрепером при этом.

3.20. Разработка грунта бульдозерами

Бульдозер используют для устройства насыпей автомобильных дорог, песчаного подстилающего слоя и щебеночного основания дорожной одежды, обваливания рек при ликвидации затопляемых территорий, при устройстве искусственных водоемов, набережных, неглубоких котлованов, при планировочных работах и т. д. В настоящее время наша промышленность выпускает бульдозеры на базе гусеничных тракторов с гидравлическим управлением отвала

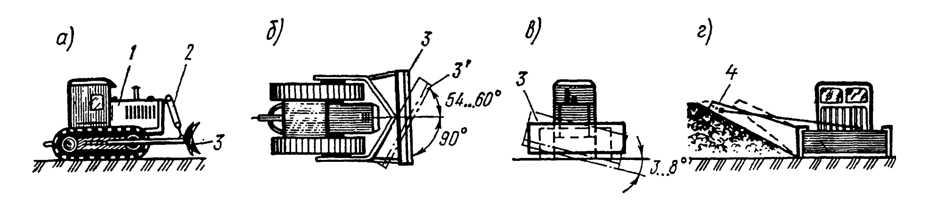


Рис. 3.36. Разработка и планировка грунта бульдозерами:
а — перемещение отвала в вертикальной плоскости; *б* — установка отвала в плане под углом к продольной оси бульдозера; *в* — то же, под углом к горизонтальной плоскости; *г* — планировка откоса бульдозером, оборудованным отвалом откосника; *1* — трактор; *2* — гидроцилиндр или канатный полиспаст; *3* — ковш; *4* — отвал планировщика откоса

(ковша): ДЗ-42, ДЗ-54С, ДЗ-18, ДЗ-27С, ДЗ-35С и ДЗ-34С с помощью двигателя 55...221 кВт. Для повышения производительности и снижения себестоимости разработки грунта (особенно плотных) планируется выпуск более совершенных бульдозеров с мощностью двигателя до 450 кВт на гусеничном ходу и до 885 кВт на пневмоколесном ходу.

Оптимальное расстояние перемещения грунта бульдозером зависит от мощности трактора. Поскольку в отвале бульдозера размещается небольшое количество грунта (по сравнению со скрепером при той же мощности двигателя), перемещать его на большое расстояние нецелесообразно. Расстояние перемещения грунта зависит от мощности трактора и составляет от 25 (ДТ-75) до 140 м (Т-330).

Работая в комплекте с землеройными машинами, бульдозер разрабатывает недобор грунта в котлованах и траншеях, разравнивает в насыпи грунт, привезенный автосамосвалами, и готовит его к послойному уплотнению, производит планировку откосов насыпи. В период инженерной подготовки территории под застройку бульдозер используют для ликвидации оврагов, заболоченных участков, удаления пней, кустарника, срезки дерна и растительного грунта, профилирования временных грунтовых дорог, подготовки пути движения экскаваторов, монтажных кранов и других работ.

Разработку и перемещение грунта производят с помощью навесного отвала, смонтированного на базе гусеничного или колесного трактора. Толщину стружки снимаемого грунта регулируют подъемным механизмом, состоящим из гидроцилиндров (рис. 3.36, *а*) или канатного полиспаста. Бульдозер оборудуют неподвижным или универсальным отвалом, который может менять угол установки относительно продольной оси движения 90...54° (рис. 3,36, *б*). Для получения поперечного уклона земляного полотна дороги, а также при отрывке террас на косогорах отвал бульдозера устанавливают под углом к горизонтальной плоскости до 3...8° (рис. 3.36, *в*).

Универсальный бульдозер Д-493 с шарнирно-поворотным отвалом на базе трактора Т-100ГП предназначен для выполнения комплекса земляных работ при строительстве автомобильных дорог, гражданских зданий и подземных коммуникаций (разработке, за-

чистке, планировке). Различные положения шарнирно-поворотного отвала универсального бульдозера позволяют (кроме разработки грунта) производить: перемещение грунта по ходу движения (для засыпки грунта в пазухи траншей и котлованов, сбора растительного грунта в валы, очистки дорог от снега и грязи); перемещение грунта, песка и щебня при выполнении планировочных работ в стесненных условиях и строительстве городских дорог (с отбором лишнего грунта и подсыпкой недостающего вдоль бортового камня); профилирование земляного полотна, песчаного слоя с заданным поперечным уклоном. Обе половины отвала имеют возможность поворачиваться вокруг вертикальной оси, принимая вогнуто- или выпукло-ломаную поверхность. Вогнуто-ломаная поверхность отвала позволяет перемещать бо́льший объем грунта.

Для увеличения объема перемещенного грунта нетокорые типы бульдозеров оборудуют с боков отвала универсальными открылками-уширителями, а сверху — козырьком. При отсутствии такого оборудования бульдозеры работают в спаренном виде (рис. 3,36, *г*), перемещаясь на одной и той же скорости параллельно друг другу на расстоянии 0,3...0,5 м. На базе трактора ДТ-75 смонтирован бульдозер Д-607 с поворотным отвалом и фронтальным погрузчиком Д-574 грузоподъемностью 2 т. Бульдозер-погрузчик Д-543 на базе трактора Д-804ПГ и Д-442 используют как универсальные машины, имеющие различное сменное оборудование: двухчелюстной ковш вместимостью 2,5 м^3 или ковш отвала вместимостью 1,5; 2,7 и 4,2 м^3 для разработки и собирания в кучи грунта с погрузкой их на автосамосвалы; захват для погрузки леса, труб; монтажный крюк грузоподъемностью 5 т или вилочный захват для выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Бульдозер, используемый для планировки откосов насыпи (рис. 3,36, *д*), снабжают дополнительным отвалом-откосником *3*, шарнирно соединенным с отвалом бульдозера *1* и удерживаемого под углом α с помощью тяги *4*. Меняя длину тяги, отвал откосника устанавливают под различным углом в соответствии с заданной крутизной откоса. При пологих откосах насыпи (на круче 1 : 1,75) бульдозер может выполнять планировку откосов с помощью основного отвала — ножом *2*, двигаясь при этом по челночной схеме (сверху вниз).

В зависимости от размера выемки, насыпи, расстояния перемещения грунта и местных условий могут быть различные схемы движения бульдозера. При разработке грунта в выемках самой распространенной является **поярусно-траншейная схема.** Грунт в мелких и широких выемках разрабатывают по челночной схеме (рис. 3.37, *а*, *б*), а при устройстве линейных сооружений небольшой ширины — по схеме **эллипс** или **восьмерка.** Разработку грунта в выемке ведут по траншейно-полосной схеме с шириной полосы b (*1*, *2*, *3* и т. д.) и с разрывами между ними b' (рис. 3.37, *в*). В пределах каждого яруса высотой 0,8...1 м грунт срезают послойно и перемещают в траншее с вертикальными стенками. Разрыв между полосами шириной $b' = 0{,}5...0{,}8$ м препятствует потере грунта при движении бульдозера и обеспечивает более полное запол-

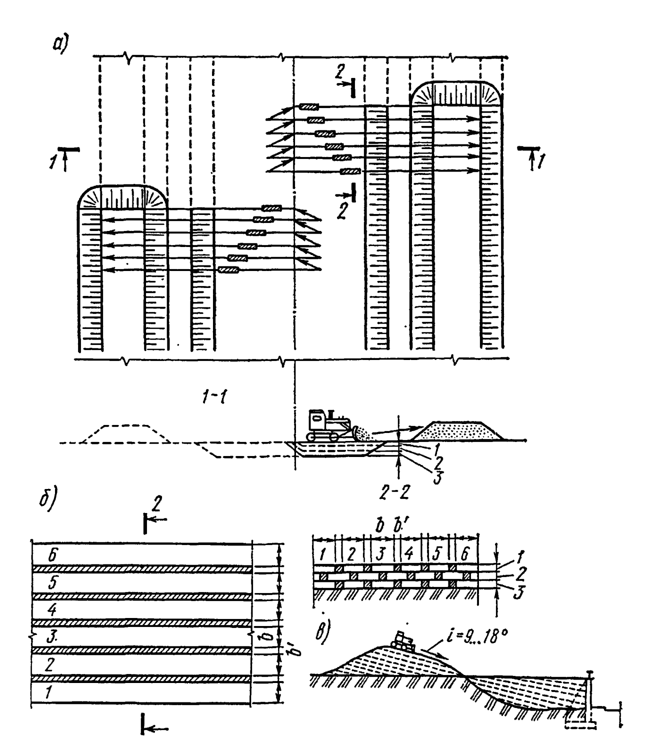


Рис. 3.37. Схемы разработки грунта бульдозером:
а — челночная схема; *б* — траншейно-полосовая схема; *в* — при движении под уклон

нение ковша. По окончании разработки грунта на всех полосах *I* яруса срезают стенки шириной b', оставленные ранее между проходками. На нижерасположенных ярусах разработку грунта ведут в таком же порядке. Наиболее рациональный режим резания грунта бывает при **клиновидной или гребенчатой** схеме зарезания (см. рис. 3.35, *а*, *б*). Для уменьшения общего сопротивления в момент выбора грунта бульдозер должен двигаться под уклон. С увеличением продольного уклона толщина срезаемого слоя увеличивается, что способствует повышению производительности бульдозера. При уклоне $i=5$ % производительность бульдозера составляет $П_б = 118$ %; при $i = 10$ % — $П_б = 136$ %; при $i = 15$ % — $П_б = 154$ %; при $i = 20$ % — $П_б = 172$ %.

Набор грунта необходимо производить на прямом участке пути, при 1-й передаче, а перемещение (на участок насыпи) — на 2...3-й передачах. Если расстояние между выемкой и насыпью превышает допустимые пределы перемещения грунта, то целесообразно предварительно собрать его в промежуточные валы с последующим перемещением на участок насыпи (рис. 3.38, *а*). Изменение производительности различных бульдозеров в зависимости от расстояния перемещения грунта показано на графике (рис. 3.38, *б*).

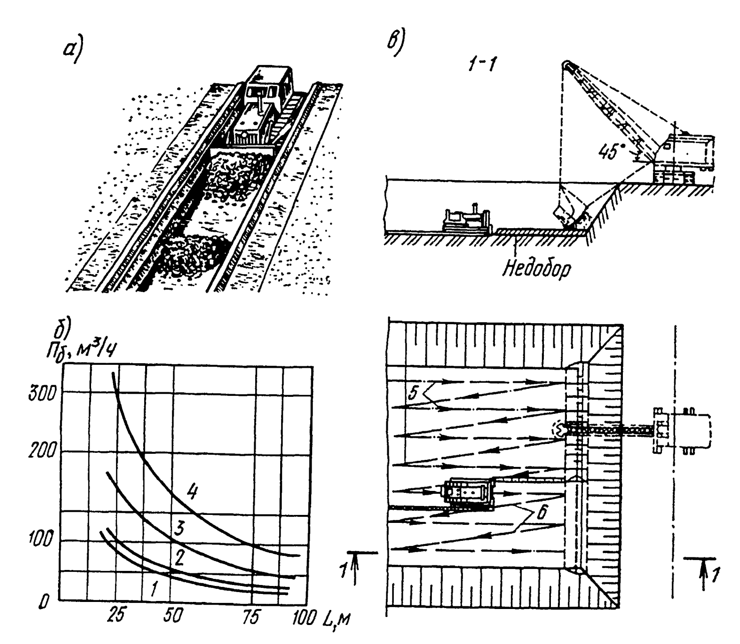


Рис. 3.38. Разработка грунта бульдозером:

а — по траншейной схеме с образованием промежуточных валов; *б* — график изменений производительности бульдозеров в зависимости от расстояния перемещения грунта; *в* — недобора в котловане: *1* — бульдозер Д-271 на тракторе С-80; *2* — бульдозер Д-494 на тракторе С-100ГП; *3* — бульдозер Д-275 на тракторе Т-140; *4* — бульдозер Д-384А на тракторе ДЭТ-250; *5* — ось рабочего хода бульдозера; *6* — ось холостого хода бульдозера

Недобор грунта в выемках под проектную отметку разрабатывают бульдозером с точностью до 5...7 см и перемещают к одной из ее сторон (рис. 3.38, *в*). Бульдозер при этом совершает челночные движения рабочим ходом вперед и холостым назад. Собранный в вал грунт удаляют из котлована экскаватором с отсыпкой его в отвал или на транспорт. Зачистку основания котлована под проектную отметку с точностью 2...5 см осуществляют машиной ПНШ-100, созданной на базе трактора Т-100 производительностью 100 м³/ч. Недобор грунта разрабатывают в траншее, если ее ширина больше длины отвала бульдозера (подземный коллектор, подземный пешеходный переход и др.). Зачистку дна узких траншей производят бульдозером на базе малогабаритных тракторов с отвалом длиной до 1,4 м.

Засыпку грунта в пазухи котлованов и траншей в большинстве случаев выполняют бульдозерами. При этом могут быть самые различные схемы движения, что зависит от объема засыпки, расположения ранее отсыпанного грунта относительно траншей и размеров насыпи (ее высота и ширина).

При засыпке широкой и глубокой траншеи (трасса канализации, водостока, водопровода и др.), когда вдоль бровки насыпи высотой до 3 м находится большое количество грунта, применяют движения бульдозера с перекрестными **косопоперечными** прохода-

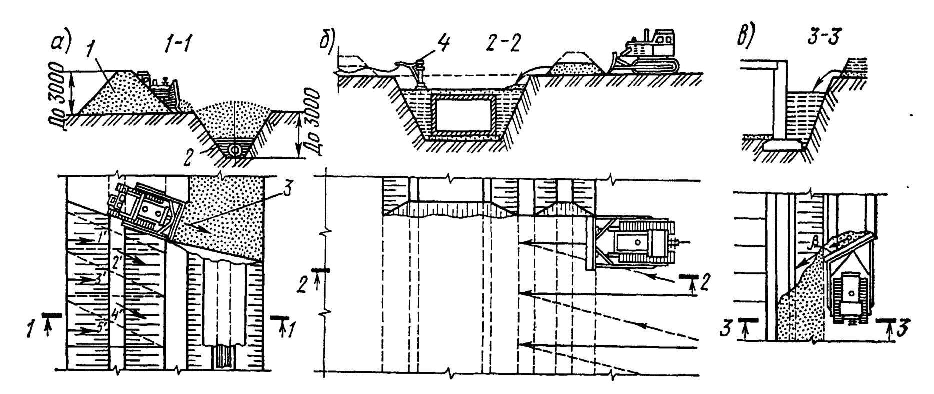


Рис. 3.39. Засыпка грунта бульдозером:

а — в траншеи поперечными и косо-поперечными проходками; *б* — в пазухи траншеи подземного коллектора по челночной схеме; *в* — пазухи котлована при движении бульдозера с наклонным отвалом: *1* — отвал грунта для засыпки траншеи; *2* — засыпка грунта вручную; *3* — направления движения бульдозера *1'*; *2'*;...,*5'*; *4* — электротрамбовка

ми (рис. 3.39, *а*). Двигаясь попеременно: то под углом $\alpha = 60...70°$ (*2'*, *4'* и т. д.), то под углом 90° к продольной оси траншеи (*1'*, *3'*, *5'* и т. д.), бульдозер, срезая клиновидные призмы, испытывает меньшее сопротивление при перемещении грунта. Чтобы избежать повреждения керамических, асбестоцементных или полиэтиленовых труб, нижнюю часть траншеи засыпают вручную на высоту 0,2... 0,5 м над верхом уложенной трубы (без комьев мерзлого грунта при работе в зимний период). По мере засыпки производят послойное уплотнение грунта вокруг трубы вручную, а остального — механическими трамбовками.

Засыпая траншеи подземного коллектора, бульдозер может двигаться по **челночной** схеме (рис. 3.39, *б*).

Если грунт размещен вдоль бровки котлована жилого дома небольшим горизонтальным слоем, то засыпку можно осуществлять бульдозером с универсальным отвалом. Установив отвал под углом β к бровке котлована (рис. 3.39, *в*), бульдозер перемещает грунт из насыпи в выемку. При движении по периметру возводимого здания бульдозер срезает грунт в насыпи послойно и производит послойную засыпку пазух.

Часовая эксплуатационная производительность (м³/ч) бульдозера (по объему грунта в плотном теле)

$$П_б = (3600 Q k_в k_c k_i) / t_{ц.б},$$

где Q — объем перемещаемого грунта бульдозером (в плотном состоянии), м³; $k_в$ — коэффициент использования бульдозера по времени; k_c — коэффициент сохранения грунта во время его перемещения на расстояние L ($k_c = 1...0{,}005L$); k_i — коэффициент, учитывающий влияние уклона поверхности участка; $t_{ц.б}$ — продолжительность рабочего цикла бульдозера, с.

Продолжительность полного рабочего цикла (с) бульдозера

$$t_{ц.б} = t_н + t_т + t_х + 2t_п + t_0,$$

где $t_н$ — время набора грунта, $t_н = l_н/v$, $t_т$ — время транспортировки грунта, $t_т = l_т/v_2$; $t_х$ — время холостого хода, $t_х = l_х/v_3$; $t_п$ — время на поворот трактора; t_0 — время на переключение скоростей и на опускание отвала бульдозера.

Объем перемещаемого грунта бульдозером (в плотном состоянии)

$$Q \approx lH^2/(2\text{tg}\,\varphi k_{п.р}),$$

где l — длина отвала, м; H — высота отвала; φ — угол естественного откоса грунта, град; $k_{п.р}$ — коэффициент первоначального разрыхления.

Рациональный режим работы бульдозера обеспечивается применением автоматической системы «Автоплан-1», позволяющей автоматически управлять работой отвала и тем самым повысить точность выполнения планировочных работ. Комбинированная система «Автоплан-2» (созданная на базе «Автоплан-1») предназначена как для автоматической стабилизации, так и для автоматического контроля режима нагрузки двигателя.

В зарубежной практике бульдозеры применяют для выполнения земляных работ в различных условиях. В частности, в Японии фирмой «Комацу Лтд» создан бульдозер-амфибия, который может работать под водой на глубине до 7 м, производя дноуглубительные работы при устройстве русловых опор моста, подпорных стенок набережных и других сооружений. Этой же фирмой создан чисто подводный бульдозер на гусеничном ходу, способный выполнять земляные работы под водой на глубине от 2 до 60 м. Управление бульдозером дистанционное.

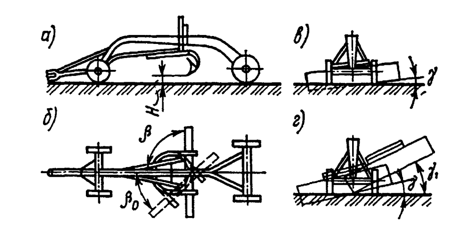
3.21. Разработка грунта автогрейдерами и грейдер-элеваторами

Широкое применение автогрейдеры получили для выполнения дорожных работ: устройства корыта земляного полотна; планировки грунта, отсыпаемого в насыпь; срезки и планировки откосов выемок и насыпей; профилирования земляного корыта песчаного слоя; разравнивания щебеночного основания; перемешивания дорожно-строительных материалов с вяжущими (битумом, дегтями и др.); устройства водоотводных кюветов и нагорных канав трапециедального и треугольного сечения глубиной до 0,7 м. С помощью автогрейдеров ведут разработку грунта в резерве с отсыпкой его в насыпь высотой не более 1,2 м.

Грейдеры бывают прицепные, полуприцепные и самоходные (автогрейдеры). Прицепные и полуприцепные грейдеры работают в сцепе с гусеничными тракторами. Автогрейдеры имеют собственный двигатель для передвижения. Основной орган грейдера — отвал с ножом для резания и перемещения грунта и вспомогательный орган — кирковщик, используемый для удаления небольших пней, корней, рыхления грунтов и дорожных покрытий. Наибольшее

Рис. 3.40. Положения отвала автогрейдера:

а — транспортное положение; *б* — установка отвала под углом β; *в, г* — то же, под различными углами к горизонтальной плоскости



распространение получили автогрейдеры с гидравлическим управлением рабочего органа.

ВНИИСтройДормашем разработаны автоматизированные системы управления рабочим органом автогрейдера «Профиль-1» и «Профиль-2». Первая из них обеспечивает стабилизацию углового положения отвала автогрейдера в вертикальной плоскости, а вторая — стабилизацию продольного и поперечного профиля земляного полотна строящейся улицы.

Полноповоротный (360°) отвал с ножами крепится к поворотному кругу и может принимать самые различные положения: опускаться для резания грунта с толщиной стружки h; подниматься в транспортное положение с дорожным просветом высотой H (рис. 3.40, *а*); устанавливаться для разработки грунта под углом резания α; иметь в плане угол захвата β (для перемещения грунта вправо или влево по ходу движения, рис. 3.40, *б*); отклоняться от горизонтальной плоскости на угол зарезания γ (для устройства кювета, нагорных канав и планировки откосов, рис. 3.40, *в*); устанавливаться с выносом в сторону и под углом в плане (для выполнения планировочных работ, перемещения песка, щебня с обочины в корыто земляного полотна, рис. 3.40, *г*).

При устройстве временной грунтовой дороги или профилировании земляного полотна автогрейдер перемещается последовательными проходками, начиная от наружных полос с постепенным приближением к оси дороги. Резание грунта производится вначале передним концом отвала при первой проходке автогрейдера с перемещением его на среднюю полосу. Второй проходкой автогрейдер перемещает в сторону оси дороги ранее отсыпанный вал грунта и третьей проходкой разравнивает грунт с заданным поперечным уклоном по полотну дороги. Разработку грунта автогрейдер осуществляет снятием прямоугольной и треугольной стружки, что зависит от принятой схемы работы в резерве. При возведении насыпи и профилировании дорожного полотна наиболее рациональной схемой является послойная срезка грунта прямоугольной стружки. Разработка грунта по этой схеме начинается на участках, ближайших к насыпи, с постепенным удалением от нее. Прямоугольная форма стружки на 30...50 % имеет большее сечение, чем треугольная, благодаря чему повышается производительность автогрейдера при той же скорости движения. По второй схеме разработку грунта ведут от внешней бровки резерва к внутренней. Резание грунта производят снятием стружки треугольной формы.

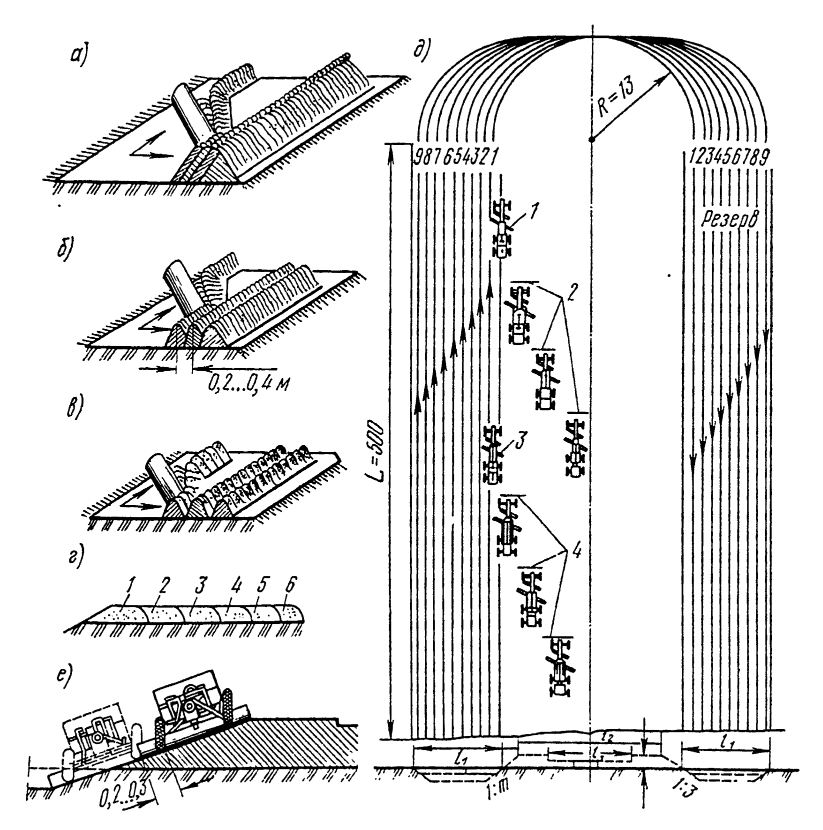


Рис. 3.41. Способы укладки грунта в тело насыпи (размеры в м):

а — вприжим; *б* — полуприжим; *в* — вразбежку; *г* — слоями; д — схема работы колонны автогрейдеров при послойном разравнивании грунта в насыпи; *е* — планировка откосов насыпи крутизной 1 : 3 автогрейдером; *1* — первый проход по зарезанию валика № 1; *2* — проходы по перемещению валика № 1 к месту укладки; *3* — второй проход по зарезанию валика № 2; *4* — проходы по перемещению валика № 2 к месту укладки; *L* — длина рабочей захватки; l_1 — ширина резерва; l_2 — ширина насыпи; l_3 — ширина земляного полотна

При работе автогрейдера используют различные способы укладки грунта — вприжим, вполуприжим, вразбежку, слоем с заданным уклоном и т. д. Укладку грунта в насыпь по способу **вприжим** (рис. 3.41, *а*) производят последовательными валиками, прижатыми друг к другу без всякого зазора. При движении грейдера грунт отсыпается наклонными слоями на каждый последующий слой. Такой способ применяется при устройстве насыпей высотой 0,6... 0,7 м.

По способу **вполуприжим** (рис. 3.41, *б*) грунт отсыпается в валы с частичным прижатием к ранее уложенному, перекрывая его основания на $^1/_4$ ширины. Гребни смежных валов отстоят друг от друга на расстоянии 0,2...0,4 м. Этот способ применим при отсыпке насыпи высотой 0,4...0,5 м.

При устройстве насыпи высотой 0,15...0,25 м грунт отсыпается **вразбежку** валами, которые соприкасаются друг с другом лишь

своим основанием (рис. 3.41, *в*). Когда ведутся профилировочные работы, укладку грунта производят слоями толщиной 10...15 см. Отсыпку ведут от бровки к оси дороги с заданным поперечным уклоном (рис. 3.41, *г*).

В зависимости от ширины насыпи и длины захватки разработку и отсыпку грунта выполняет одна или несколько колонн (рис. 3.41, *д*). В каждой колонне первый автогрейдер, как наиболее мощный, производит послойное резание грунта от внутренней бровки резерва. Отвал его устанавливают под углами захвата $\beta = 35...40°$, зарезания $\gamma \leqslant 12°$ и резания $\alpha = 35...45°$. Образовавшийся земляной вал перемещают в поперечном направлении (к оси насыпи) тремя сзади идущими друг за другом автогрейдерами. Для повышения производительности отвалы оборудуют удлинителями с углами захвата 40...45°, наклона 3...5° и резания 45...50°. Окончательное разравнивание грунта осуществляют при угле захвата $\beta = 90°$. Чтобы не возникал боковой занос автогрейдера, угол захвата не должен быть меньше 35°.

При поперечном перемещении грунта автогрейдерами, оборудованными удлинителями, не следует одновременно производить срезку, так как объем перемещаемого грунта не увеличивается, а скорость движения грейдеров резко снижается. Нецелесообразно перемещать одновременно два-три вала грунта (ранее ссыпанных друг к другу), так как при этом увеличивается призма волочения и часть грунта будет пересыпаться через отвал.

Планировку откоса с крутизной 1 : 3 ведут автогрейдером сверху вниз продольными проходками параллельно бровке насыпи (рис. 3.41, *е*). Нижняя проходка должна перекрывать верхнюю на 20...30 см.

Для обеспечения устойчивости автогрейдера при работе на косогорах и откосах, при перемещении грунта в сторону и при несимметричных нагрузках на отвал (работа с навесными откосниками или удлинителями) ходовая часть автогрейдера имеет возможность менять уклон рулевых колес. Прицепные грейдеры меняют уклон передних и задних колес и обе стороны от среднего положения.

Часовая эксплуатационная производительность (м³/ч) автогрейдера

$$П_{гр} = 3600 q k_в / (t_ц k_{п.р}),$$

где q — геометрический объем призмы грунта, перемещаемого отвалом при продольном или поперечном перемещении, за один рабочий ход, м³; $k_в$ — коэффициент использования автогрейдера по времени в смену, $k_в = 0{,}8...0{,}95$; $t_ц$ — время рабочего цикла автогрейдера, с; $k_{п.р}$ — коэффициент первоначального разрыхления грунта.

Время рабочего цикла ($t_ц$) автогрейдера

$$t_ц = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5,$$

где t_1 — время перемещения грунта отвалом, с; t_2 — время подъема отвала в транспортное положение, с; t_3 — время на переключение передач и повороты в конце рабочего хода, с; t_4 — время обратного (холостого) хода, с; t_5 — время на переключение передач и повороты автогрейдера, с.

Грейдер-элеваторы применяют для разработки и отсыпки грунта в насыпи или отвалы. Этот тип машин имеет большую производительность и наиболее высокие удельные показатели работ по сравнению с другими дорожными машинами. Прицепной диагональный грейдер-элеватор, например, Д-264 имеет рабочий орган, состоящий из трех ножей: подрезающего, планирующего и подгребающего. Его выдающий транспортер (с отвальным мостом) длиной до 45 м перемещает и отсыпает грунт в насыпь высотой 3,8 м. Следует отметить, что при строительстве городских улиц и магистралей грейдер-элеваторы не нашли практического применения из-за их громоздкости и большого пылеобразования при работе.

3.Д. ПОДЗЕМНЫЕ СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ ГРУНТА В ГОРОДСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

3.22. Общие сведения

В благоустройстве современного города большой удельный вес имеют подземные коммуникации: водопровод, канализация, водостоки, газопровод, теплосети, кабели связи (телефон, телеграф, радио), кабели электротранспорта (метро, траллейбус, трамвай), наружное освещения улиц и сигнализация.

В существующих городах возникает необходимость прокладки новых или смены старых подземных сетей. При прокладке подземных коммуникаций открытым способом в городских условиях дезорганизуется движение транспорта и пешеходов; снижается скорость движения транспорта и пропускная способность улиц; ухудшаются санитарно-гигиенические условия на улице и безопасность движения; разрушается проезжая часть, уничтожаются зеленые насаждения. Открытый способ прокладки подземных сетей невозможен под железнодорожными и трамвайными путями, под городскими улицами и площадями с интенсивным движением транспорта, под существующими зданиями и сооружениями.

Подземный способ разработки грунта не только устраняет все недостатки, присущие открытому способу, но и позволяет: уменьшить объем земляных работ на 60...80 % (при глубине траншей более 6 м); производить разработку грунта без применения громоздких землеройных машин, создающих большой шум на городских улицах; вести строительство круглогодично без удорожания работ в зимних условиях; исключить осадку вышележащего грунтового массива.

В связи с быстрым увеличением всех видов городского транспорта, подземных магистралей метрополитена и численности населения больших городов намечается освоение подземного пространства.

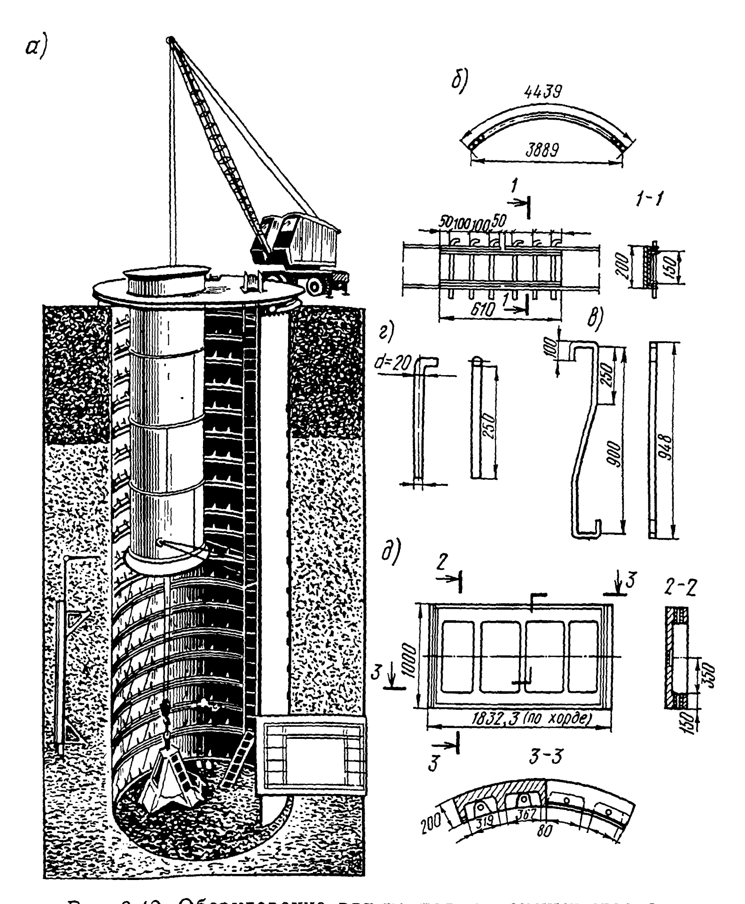


Рис. 3.42. Оборудование для проходки шахтных стволов:
а — комплекс «Темп-2»; *б* — деревометаллическая крепь; *в, г* — детали металлической крепи; *д* — детали узлов соединения тюбингов между собой

Закрытым способом грунт можно разрабатывать и прокладывать коммуникации с помощью: щитовой проходки, продавливания, прокола, вибропрокола, лидирующего прокола, горизонтального бурения, пневмопробойников и др.

3.23. Щитовая проходка

Щитовую проходку применяют для устройства тоннелей различного назначения. До начала основных работ намечают трассу подземного тоннеля и производят усиление фундаментов зданий, под которыми проходит трасса (если это предусмотрено проектом). Кроме того, устраивают вертикальный ствол шахты для спуска и подъема проходческих щитов, рабочих, подъема грунта из тоннеля, подачи в тоннель материала обделки, обеспечения вентиляции и водоотлива.

Расстояние между стволами шахты по трассе определяют с учетом размещения смотровых колодцев и камер. Диаметр ствола шахты $D_с$ зависит от диаметра щита $D_щ$: $D_щ=2$ м, $D_с=4$ м; $D_щ=2,56...3,6$ м, $D_с=5,5...7,5$ м. В Ленинграде размеры шахтного ствола унифицированы и наружный диаметр ствола составляет 3,9; 5,5 и 8,5 м. Шахтный ствол в плане имеет круглую или прямоугольную форму. Устойчивость вертикальных стенок ствола обеспечивают устройством крепи: деревянной, деревометаллической, из сборных железобетонных тюбингов, монолитного железобетона и бетона.

На рис. 3,42, *а* показан общий вид шахтного ствола с применением комплекса «Темп-2» для механизированной проходки ствола диаметром 4,5 м и глубиной до 10 м. Деревометаллическое крепление состоит из металлических колец, устраиваемых из швеллеров № 20 и досок толщиной 40...50 мм. Кольца собирают из отдельных сегментов (рис. 3,42, *б*), сопрягаемых друг с другом соединительной вставкой со штырями (рис. 3,42, *в, г*). В зависимости от вида грунта и глубины ствола кольца располагают друг от друга через 0,7... 1 м. По мере разработки грунта сверху вниз доски устанавливают поярусно, а в песчаных и водонасыщенных грунтах их забивают заостренными концами в грунт и закрепляют кольцом. Во время монтажа сегменты кольца подвешивают к ранее смонтированному кольцу с помощью Г-образных элементов (рис. 3.42, *в*), изготовленных из арматурной стали диаметром 22...26 мм.

Из сборных железобетонных тюбингов делают постоянные крепи стволов, которые в последующем используют как вентиляционные камеры или смотровые колодцы. Железобетонный тюбинг представляет собой криволинейный блок высотой 1 м с четырьмя кессонами, расположенными с внутренней стороны. С помощью болтов блоки соединяются друг с другом как в кольце, так и отдельные кольца между собой (рис. 3,42,*д*).

В Ленинграде для крепления ствола диаметром 5,5 м применяют шахтную крепь ШК-5,6, состоящую из шести блоков одного типоразмера. Такая конструкция шахтной обделки обеспечивает ее высокую трещиноустойчивость и позволяет отказаться от дополнительной гидроизоляции.

Монтаж железобетонных тюбингов ведут поярусно, т. е. по мере разработки грунта. На рабочее место тюбинги подают краном, а в основании ствола шахты их монтируют установочным механизмом. Верхнее кольцо крепи подвешивают к опорному железобетонному «воротнику» (цилиндрическое кольцо с большой площадью опирания на грунт) или к опорной раме, устраиваемой из двутавровых балок и швеллеров. Опорную раму устанавливают выше уровня земли на 0,5 м и к ней помимо элементов крепи подвешивают верхний (нулевой) предохранительный полок.

Когда смонтировано 3...4 ряда колец, в пространство между грунтовой стеной ствола и наружной плоскостью крепи нагнетают через отверстия в тюбингах цементно-песчаный раствор. Если ствол шахты пересекает водоносный песчаный слой мощностью

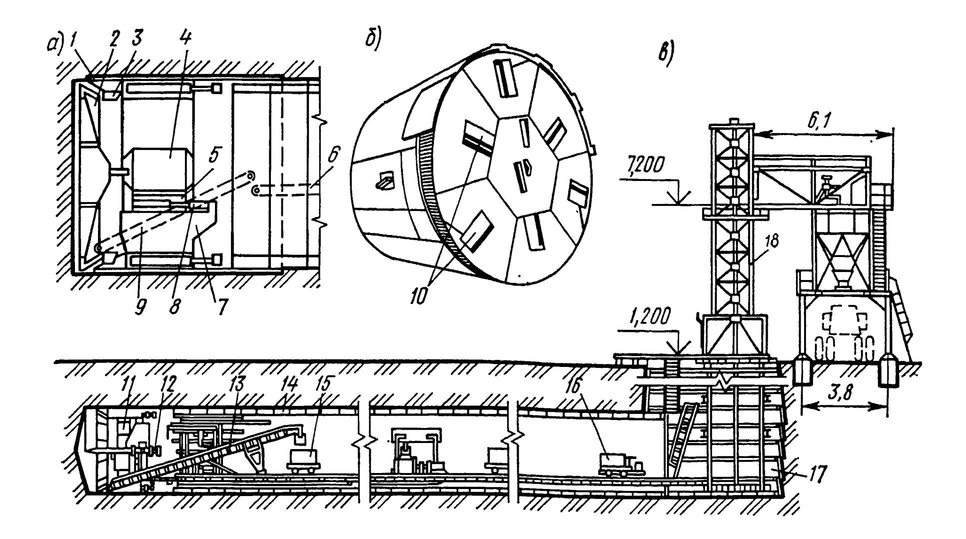


Рис. 3.43. Устройство транспортного тоннеля щитовым способом (размеры в м): *а* — схема механизированного щита с плоской план-шайбой; *б* — общий вид головной части щита с план-шайбой; *в* — общая схема щитового способа проходки тоннеля: *1* — корпус щита; *2* — планшайба; *3* — упорные ролики; *4* — привод; *5* — подвижная станина; *6* — отвальный мост; *7* — неподвижная станина; *8* — домкрат подачи; *9* — транспортер; *10* — резцовые окна; *11* — корпус щита; *12* — блокоукладчики; *13* — транспортер; *14* — обделка стен тоннеля; *15* — вагонетки; *16* — электровоз; *17* — крепление шахтного отвала; *18* — металлическая рама

3...5 м, то устраивают опускную крепь из чугунных, железобенных тюбингов или монолитного железобетона. Опускную крепь (опускной колодец) наращивают сверху и по мере разработки грунта опускают вниз под воздействием собственного веса или дополнительных нагрузок.

По окончании разработки грунта в шахтном стволе и устройства крепи до проектной отметки приступают к работам по сооружению тоннеля. При щитовой проходке выполняют следующий комплекс работ: разработку грунта в забое с погрузкой его на внутритуннельный транспорт; подъем грунта на поверхность земли с погрузкой на автосамосвалы; подачу материала обделки на рабочее место с устройством обделки стен тоннеля; расчеканку швов между блоками и нагнетание цементного раствора за обделку.

Общая схема щитовой проходки тоннеля с применением комплекса оборудования, запроектированного ЦНИИПодземшахтостроем, показана на рис. 3.43, *в*. В головной части проходки размещают щит *11* с блокоукладчиком *12*. Внутри щита под защитой козырька ведут разработку грунта. По ленточному транспортеру *13* грунт поступает в вагонетки *15*, перемещаемые вдоль тоннеля электровозом *16*. В конце тоннеля грунт по вертикальному стволу *17* поднимают на поверхность земли в вагонетках-бадьях емкостью 0,15...2 м³ кранами СПК-1000, СПК-2000 или специальной подъемной установкой, смонтированной на одноклетевом копре. Для меха-

низированной погрузки грунта на транспортные средства сбоку шахтного ствола (на расстояние 6 м) устраивают металлическую раму *18* с раздаточным бункером. Автосамосвалы подъезжают под бункер и загружаются грунтом.

Механизированный щит состоит из круглого стального корпуса с ножевым кольцом, козырьком и хвостовой части. Продвижение щита в грунте происходит под воздействием гидродомкратов, вмонтированных в корпус щита. Укладку мелких блоков при проходке щитом диаметром 2 м производят вручную, а крупных блоков и тюбингов — специальными блокоукладчиками (дуговым, кольцевым, рычажно-кольцевым и кассетным).

Грунт в забое разрушают способом вдавливания, для чего кольцевой нож щита вдавливается в грунт, отрезает его от массива, и в рыхлом виде грузится на ленточный перегружатель с помощью ковшовой или роторной машины. При разработке песчаных и водонасыщенных пылеватых грунтов в передней части щита устраивают горизонтальные полки с вертикальными ребрами между ними или металлические шандоры (щит ленинградской конструкции).

Разработку грунта способом резания выполняют различными установками: выдвижным роторным органом (конструкции Т. П. Садовского), роторным органом в виде плоской или конусной планшайбы с радиальными прорезями, в которых размещены резцы.

Иногда применяют гидромеханическую разработку грунта в забое щита с помощью гидромониторной установки. Для ввода щита в забой в шахтном стволе устраивают проем и с противоположной стороны — упорную стенку. По мере продвижения щита производят разработку грунта. Опорой для гидродомкратов служит обделка стен коллекторного тоннеля *4*. Когда гидродомкраты продвинут щит на величину, равную максимальному ходу штока (но не менее высоты блока обделки), обратным движением гидродомкраты убирают упорное кольцо и после этого ведется монтаж очередного кольца обделки тоннеля. Контроль за правильностью продвижения щита осуществляется с помощью геодезических инструментов и «лазерного визира». С помощью ПУЛ-7 обеспечивается автоматическое управление работой щита и контроль за точностью его передвижения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Отклонение щита от проектного положения ликвидируется соответствующей разработкой забоя или группой щитовых домкратов, создающих большее давление с той стороны щита, в какую он отклонился.

При разработке вязких (налипающих) глин целесообразно применять механизированный щит роторного действия (разработанный в Киеве). Рабочим органом у него является плоская планшайба *2* с резцовыми окнами *10*. При вращении планшайбы грунт срезается стружкой и через резцовые прорези поступает на наклонные ребра, а далее с помощью системы ленточных транспортеров подается в вагонетки. Для равномерного срезания грунта планшайба с приводом имеет возможность перемещаться вперед с помощью 10-тонного домкрата. Более совершенным является механизированный

щит роторного типа ЩН-1, оснащенный гидравлическим приводом. Рабочим органом его является конусообразная вращающаяся планшайба с винтовой поверхностью, имеющая пластинчатые резцы для разработки мягких грунтов и стержневые резцы — более плотных грунтов.

Для разработки скальных грунтов применяют московский механизированный щит планетарного действия. Рабочим органом этого щита являются два режущих диска, закрепленные на водиле. По окружности каждого диска закреплены стержневые резцы из высокопрочных сплавов. Диаметр каждого режущего диска несколько меньше радиуса выработки. Ленинградский тип щита планетарного действия применяется для разработки плотных и сухих глин, суглинков и глинистых сланцев. Его рабочий орган состоит из крестообразного водила, на котором размещены шесть режущих дисков. Рабочий орган, как и в щите Московского типа, располагается на подвижной станине и тем самым обеспечивает его плавное поступательное движение (независимо от перемещения самого щита). Отрицательное явление — закручивание в щите Ленинградского типа устраняется благодаря устрановке элеронов.

Более совершенным является роторный щит Ленинградского типа КТ-1-5,6, в котором рабочий орган имеет сменные планшайбы с ножами и стержневыми резцами. Такая конструкция позволяет разрабатывать грунты различной плотности (с коэффициентом крепости $f=2,5...3$). Мощность привода рабочего органа увеличена до 200 кВт.

Для разработки грунтов с примесями гравия и гальки применяют механизированный щит с экскаваторным рабочим органом, который разрабатывает грунт по принципу обратной лопаты.

Технологическая схема устройства тоннеля щитовым способом показана на рис. 3.43, *в*.

Производительность (м/смен) механизированных щитов в смену определяется по формуле

$$П = t_{см} l / t_ц,$$

где $t_{см}$ — продолжительность смены, ч; l — длина хода штока домкрата, м; $t_ц$ — продолжительность цикла работы щита (между двумя смежными передвижками), ч,

$$t_ц = t_м + t_п + t_{п.п} + t_щ,$$

где $t_м$ — время монтажа блоков в кольце; $t_п$ — время передвижки щита; $t_{п.п}$ — время передвижки перегружателя; $t_щ$ — время наращивания откаточных путей и выверка направления перемещения щита.

Для обделки применяют керамические, железобетонные блоки (мелкоблочные и крупноблочные), трапециевидные железобетонные тюбинги, а также монолитнопрессованный бетон. При устройстве коллекторных тоннелей щитом диаметром 2 м обделку устраивают из мелких блоков, соединяемых между собой в шпунт (рис. 3.44, *а*). В конце укладывают 16 блоков толщиной 15 см. Обделку ведут

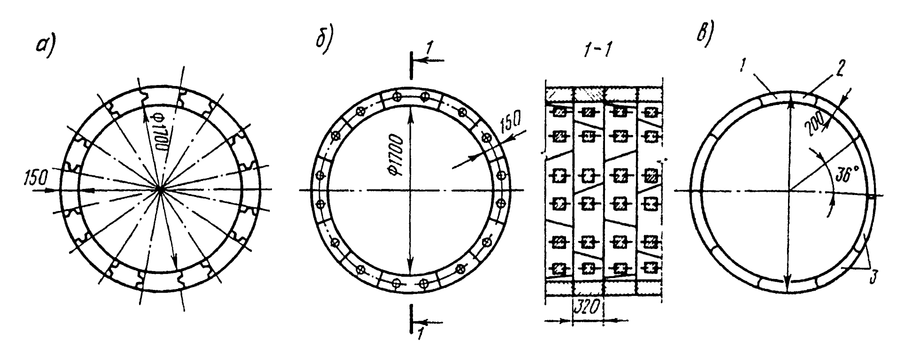


Рис. 3.44. Типы обделок стен подземных щитовых тоннелей с применением:
а — мелких блоков; *б* — трапецисдальных блоков с гладкими стыками НИИМосстроя; *в* — блоков ЦНИИПодземшахтстроя; *1* — предзамковый блок; *2* — замковый блок; *3* — нормальный блок

снизу вверх с перевязкой продольных швов. Вверху кольцо замыкается 16-м блоком и поджимается щитовыми домкратами. Для обеспечения водонепроницаемости швов торцовые поверхности блоков покрывают горячим битумом. Недостаток блоков с пазами и гребнями состоит в том, что их трудно изготовлять и монтировать.

НИИМосстроем предложена обделка из трапециевидных блоков с гладкими стыками (рис. 3,44, *б*). Кольцо собирают из восьми таких блоков толщиной 150 и длиной 320 мм. Блоки сделаны из бетона М350. Если разработку грунта в тоннеле ведут щитом диаметром 3,6 м, то применяют мелкие трапециевидные и прямоугольные укрупненные блоки. Кольцо обделки собирают из 20 мелких блоков толщиной 250 и длиной 500 мм, или из девяти прямоугольных укрупненных блоков размером 720×1100×200 мм, одного предзамкового и одного замкового блока (рис. 3,49, *в*). Соединяют их в кольцо по цилиндрической поверхности на шпильках, а кольца друг с другом — с помощью пазов и гребней.

Аналогичную конструкцию обделки имеет кольцо диаметром 4 м (треста «Шахтспецстрой»), состоящее из шести укрупненных блоков толщиной 200 мм и длиной 750 мм. Достоинство последнего типа обделки состоит в том, что она в большей мере отвечает требованиям индустриализации строительства, имеет меньше продольных швов и является менее жесткой, чем тоннельные обделки диаметром 2 и 2,56 м. Чем меньше жесткость обделки, т. е. чем она податливее, тем в большей степени она вступает в совместную работу с окружающей породой и тем бóльшую часть горного давления может воспринять на себя грунт, окружающий тоннель. Недостаток мелкоблочной обделки: она трудоемка, обладает меньшей устойчивостью, а большое количество продольных и поперечных швов повышает водопроницаемость обделки.

Для устранения этих недостатков ленинградские строители обделку стен коллекторных тоннелей осуществляют из трапециевидных железобетонных тюбингов. Материалом для блоков является водонепроницаемый бетон М400. Кольцо обделки для щитов диамет-

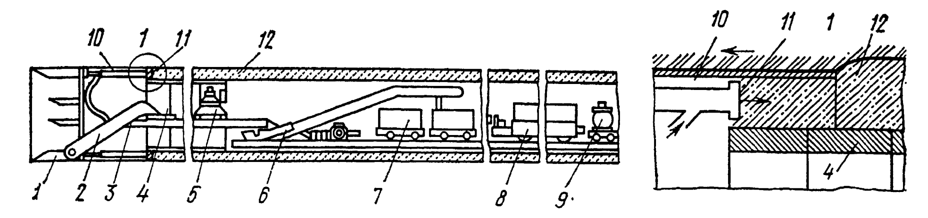


Рис. 3.45. Схема сооружения тоннеля щитом с обделкой из монолитно-прессованного бетона:

1 — щит; *2* — скребковый перегружатель; *3* — транспортный мост; *4* — металлическая опалубка; *5* — механизм для перестановки опалубки; *6* — ленточный конвейер; *7* — вагонетки; *8* — аккумуляторный электровоз; *9* — бетонораздатчик; *10* — корпус щита; *11* — пресс-кольцо; *12* — монолитно-прессовая обделка

ром 2,15 и 3,23 м собирают из четного числа унифицированных трапециевидных тюбингов, имеющих плоский стык, а кольца друг с другом — с помощью болтов.

Для откатки грунта из тоннеля и подачи блоков обделки используют одно- и двухпутевые схемы движения вагонеток. Однопутевую схему применяют при проходке тоннелей щитами диаметром 2 и 2,15 м, а двухпутевую — диаметром 2,56...4,1 м. При однопутевой схеме одна вагонетка находится под загрузкой, другая разгружается на поверхности земли. При двухпутевой схеме устраивают два разъезда: один — у щита для обмена вагонеток и блоковозок, второй — на расстоянии 10...15 м от шахтного ствола, что позволяет иметь в работе 10..15 вагонеток и 5 тележек-блоковозок.

Вслед за обделкой (но с отставанием не более чем на пять колец) производят первичное нагнетание цементно-песчаного раствора состава 1 : 1; 1 : 2; 1 : 3; 1 : 4; 1 : 5 в пространство между грунтом и наружной поверхностью обделки. Это делают с целью придания большой жесткости и неизменяемости геометрической формы кольцам обделки, исключения осадки грунта и повышения водонепроницаемости коллектора или тоннеля. Первичное нагнетание раствора за обделку производят растворонасосом или растворонагнетателем РНЩ производительностью 1,3 м^3/ч под давлением 0,4...0,5 МПа, а повторно-контрольное вслед за первичным — через 30...40 мин под давлением 0,7...0,8 МПа.

При мелкоблочной обделке необходимо устраивать гидроизоляцию и внутреннюю железобетонную оболочку (рубашку). Указанные недостатки устраняются, если применить бесшовную монолитно-прессованную обделку. Этот способ впервые был использован при строительстве канализационного коллектора щитом диаметром 2 м в Царицыно (Москва).

Щитовой комплекс для возведения обделки тоннелей из монолитного пресс-бетона (рис. 3.45) разработан институтом «Метрогипротранс» в содружестве с Управлением дорожно-мостового строительства Главмосстроя. По мере разработки грунта и продвижения агрегата вперед в хвостовой части щита устраивают монолитную обделку секциями длиной 500 мм. Для этого предварительно

устанавливают металлическую секционную опалубку, состоящую из трех сегментов (по окружности): лоткового и двух верхних, соединяемых друг с другом болтами. Бетонирование обделки производят отдельными кольцами шириной 0,5 м, но без больших перерывов в работе. Поскольку опалубку снимают не ранее чем через сутки после укладки и прессования бетона, для производства работ имеется десять секций (колец) опалубки.

Бетон подают в пространство между хвостовой частью щита и опалубкой по бетоноводу с помощью пневмобетоноподатчиков (рис. 3.45, I). Прессование бетона производят с использованием реактивного усилия щитовых домкратов, передвигающих жесткое неразрезное пресс-кольцо между опалубкой и оболочкой щита. Под давлением кольца бетон выходит за пределы хвостовой части щита и плотно заполняет пространство между опалубкой и грунтом. На новую позицию опалубку переставляют механизмом, который передвигается по транспортному мосту. Темп сооружения коллектора с монолитно-прессованной обделкой — 4 м/сут. Трудоемкость по сравнению со строительством обделки из сборных элементов уменьшается на 25...30 %.

Для строительства городских подземных коммуникаций в различных городах ранее применялось до 50 типоразмеров проходческих щитов, что удорожало строительство вследствие многократного проектирования и индивидуального изготовления щитов и блоков обделки. В Москве используют в основном щиты диаметром 2; 2,56 и 3,6 м, а в Ленинграде — 2,11; 2,43 и 3,18 м. Количество устанавливаемых домкратов в щитах 14...20 с суммарным расчетным усилием 1840...8000 кН.

Госстрой СССР утвердил разработанный ЦНИИПодземмашем оптимальный по технико-экономическим показателям параметрический ряд коллекторных тоннелей с внутренним диаметром 1,8; 2,25; 2,8; 3,56 и 4,5 м. В соответствии с этим для строительства таких тоннелей применяют высокомеханизированные щитовые комплексы: КЩ-2,1Б, КЩ-2,6Б, КЩ-3,2Б, КЩ-4Б и КЩ-5,2Б с наружным диаметром соответственно 2,1; 2,6; 3,2; 4 и 5,2 м. Длина кольца железобетонной крепи из 6...8 блоков принимается равной 700, 800, 900 и 1000 мм. Эксплуатационная скорость проходки указанных щитовых комплексов 3,8 м/смену.

Щитовые комплексы КЩ-2,1Б и КЩ-3,2Б полностью механизируют основные и вспомогательные процессы. В комплекс КЩ-3,2Б входит: щит с рабочим органом, разрабатывающий породу (в виде режущей головки на подвижной рукояти), механизмы для погрузки грунта; перегрузочный конвейер; блокоукладчик с приспособлениями для разгрузки блоков; транспортные средства для удаления грунта и подачи блоков; растворонагнетатель для заполнения пространства за обделкой и другое вспомогательное оборудование. Механизированный щитовой комплекс позволяет снизить стоимость строительства на 15...20 %, увеличить скорость проходки и производительность труда рабочих в 2...3 раза.

3.24. Способ продавливания

Способ продавливания применяют при бестраншейной прокладке стальных труб или футляров диаметром 0,3...1,4 м или железобетонной обделки коллекторных тоннелей диаметром 2,5...3,5 м на участках длиной до 150...200 м.

Безнапорные канализационные и водосточные коллекторы, сооружаемые закрытым способом, имеют обделку из мелкоштучных керамических или железобетонных блоков. Для бóльшей жесткости и водонепроницаемости мелкоблочной обделки (рис. 3.46, *а*) внутри коллектора устраивают железобетонную футеровку *3* (рубашку). В пространство между грунтом и обделкой, а также между обделкой *1* и футеровкой нагнетают цементно-песчаный раствор *2*. Такая многослойная крепь общей толщиной 300...350 мм является весьма трудоемкой, дорогой и значительно снижает темп строительства. Для устранения этих недостатков институтом ЦНИИПодземшахтострой разработан способ устройства однослойной обделки с применением сталепластбетонных колец (рис. 3.56, *б*), проталкиваемых специальной гидросиловой установкой. Однослойная обделка имеет в два раза меньше толщину, чем многослойная. Сталепластбетонные кольца диаметром 2 м, длиной 1 м, толщиной 0,145 м изготовляют из бесцементного и безводного материала на базе синтетических вяжущих. Сталепластбетон имеет прочность на сжатие 60...70 МПа, водонепроницаемость — до 2,5 МПа. Этот материал обладает хорошей сопротивляемостью при воздействии на него кислот, щелочей и солей. Он трещиноустойчив, хорошо формуется при изготовлении тонкостенных конструкций и быстро твердеет в естественных условиях. Однослойная обделка из сталепластбетона в два раза легче многослойной, имеет меньший

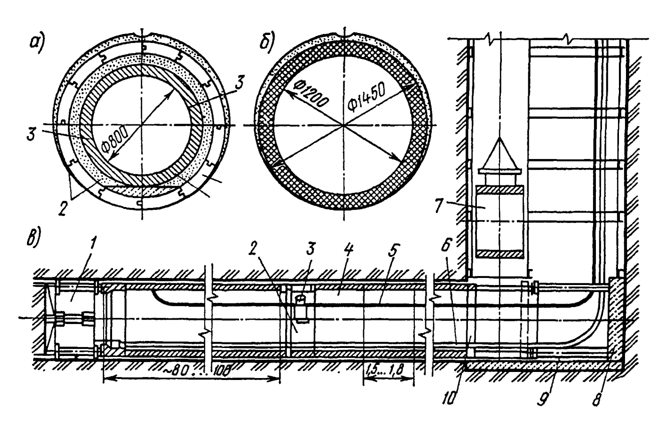


Рис. 3.46. Схема щитовой проходки коллекторного тоннеля:

а — многослойная конструкция обделки коллектора; *б* — однослойная обделка из сталепластбетонных колец; *в* — с проталкиванием обделки (размеры в м): *1* — механизированный щит; *2* — передвижная домкратная секция; *3* — насосная установка передвижной домкратной секции; *4, 7* — кольцевой блок обделки тоннеля; *5* — нагнетательный трубопровод бентонитового раствора; *6* — трубопроводный транспорт разработанной породы; *8* — упорная рама; *9* — стационарная домкратная установка; *10* — нажимное кольцо

коэффициент трения о грунт (0,22) по сравнению с бетонной обделкой (0,38), что позволяет значительно уменьшить мощность гидросиловой установки.

При щитовой проходке с применением мелкоблочной обделки возникает ряд недостатков: разработка грунта производится циклично (после того как щит продвинулся на максимальную величину хода штока гидродомкрата, разработку грунта прекращают и начинают монтаж очередного кольца обделки); в коллекторе возникают встречные потоки грунта и обделки, что осложняет транспортные работы; мелкие блоки повышают трудозатраты при их монтаже и заделке швов; снижается герметизация коллектора вследствие большого количества продольных и поперечных швов.

Все эти недостатки устраняются при сооружении коллекторов способом проталкивания сталепластбетонных колец (рис. 3.46, *в*). По мере разработки грунта с помощью обычного проходческого щита гидросиловая установка проталкивает обделку на величину немного более длины кольца. В образовавшееся пространство между обделкой коллектора и конусным переходником гидродомкратов вставляют следующее сталепластбетонное кольцо и процесс проталкивания обделки продолжается. Проталкивающая установка состоит из гидродомкратов с максимальным усилием 1700 кН каждый и максимальным ходом штока 1100 мм. Наибольшее расстояние проталкивания обделки 100 м. Средняя продолжительность проталкивания одного кольца 30...45 мин, а с учетом разработки и откатки породы 1 м забоя за 2...2,5 ч.

В тех случаях, когда необходимо протолкнуть обделку тоннеля на расстояние более 100 м, а мощность домкратов исчерпана на 90 %, применяют промежуточную домкратную установку, расположенную в металлической обойме, которая имеет форму и внешние размеры элемента железобетонного кольца и проталкивается в тоннеле, как обычное звено обделки с помощью основной домкратной установки. В дальнейшем промежуточная домкратная рама проталкивает на 200...300 мм все элементы обделки, расположенные впереди нее, используя в качестве опоры сзади расположенные звенья труб, зажатые домкратами основной установки. Когда домкраты стационарной секции продвинут обделку вслед за промежуточной домкратной установкой на величину максимального хода штока (1,9 м), устанавливают новое кольцо обделки и процесс проталкивания продолжается.

Достоинства способа обделки по сравнению со щитовой проходкой: в зоне разработки грунта не ведется монтаж колец обделки; отсутствуют встречные потоки материала, обделки и грунта; крепление стенок тоннеля ведут не мелкоблочными элементами, а замкнутыми кольцами длиной 1,5...1,8 м, что позволяет снизить трудозатраты и сроки строительства; повышается герметизация тоннеля, так как в обделке нет продольных швов, а количество поперечных швов значительно уменьшается; гидравлические домкраты закрепляют с помощью стальной рамы в необходимом для продавливания положения; оси всех домкратов устанавливают параллельно про-

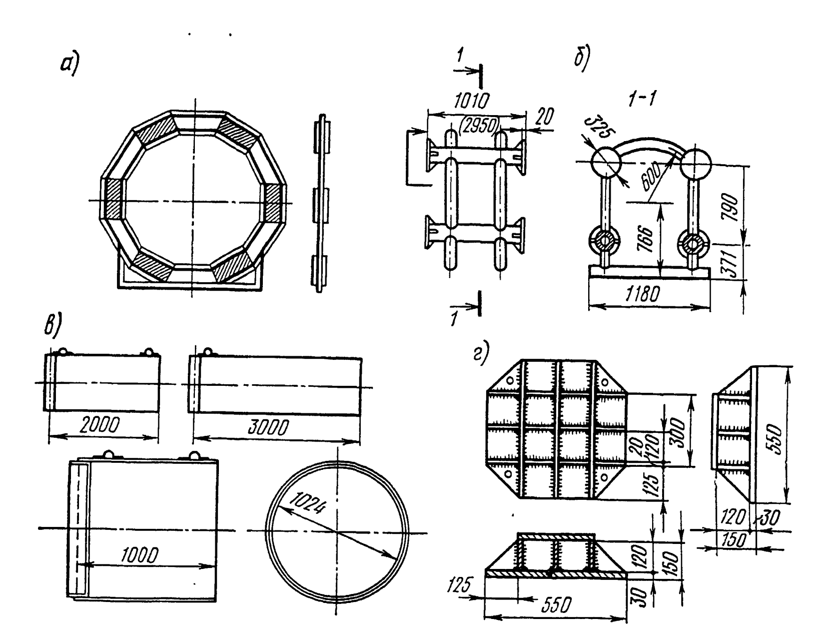


Рис. 3.47. Приспособления к установке способом продавливания:
а — нажимная рама; *б* — нажимная секция; *в* — нажимные патрубки; *г* — опорная подушка

дольной оси тоннеля и симметрично по окружности проталкиваемого кольца.

При продавливании стального трубопровода усилие от домкратов передается торцу трубы через нажимную раму, сваренную из стальных листов толщиной не менее 30...40 мм (рис. 3.47, *а*). Поскольку длина прокладываемой трубы или железобетонного кольца больше хода штока домкрата, применяют нажимные секции (рис. 3.47, *б*) длиной 1,01 и 2,95 м, а при продавливании стальной трубы — патрубки в виде отрезков стальных труб (рис. 3. 47, *в*) диаметром, равным диаметру прокладываемой трубы. Для продавливания, например, трубы длиной 6 м домкратами с ходом штока 1 м необходимо иметь комплект нажимных патрубков длиной 1, 2, 3, 3+1, 3+2 м. Равномерное распределение усилия от домкрата на упорную стенку достигается применением сварной опорной подушки (рис. 3.47, *г*). Проектный уклон трубе придают с помощью направляющего устройства.

Для продавливания железобетонных или стальных труб малого сечения применяют прямолинейные направляющие с подвижными (скользящими) седлами, имеющими очертания трубы. Вместе с продавливаемой трубой седла скользят по направляющим, а в конце рабочего котлована падают в приямок, откуда берутся для повторного использования.

Направляющее устройство может быть выполнено в виде рольганга, а в простейшем случае с применением рельсов или двух про-

дольных уголков и швеллера. При малой длине проходки и небольших диаметрах колец для уменьшения сопротивления врезания в грунт переднее железобетонное звено снабжается режущим ножом. Нож прикрепляют к торцу звена с помощью закладных болтов со стяжными устройствами.

3.25. Бестраншейная прокладка трубопроводов способом прокола, вибропрокола и лидирующего прокола

При бестраншейной прокладке стальных труб или футляров диаметром до 400 мм на длину 30...50 м применяют способ прокола, вибропрокола или лидирующего прокола.

При способе *прокола* в исходной точке на линии трассы устраивают рабочий котлован с креплением вертикальных стенок (рис. 3.48). Глубина котлована зависит от расположения трубы и конструкции направляющих устройств, а размеры его в плане определяют, как и размеры при продавливании труб. Упорную стенку для гидравлического домкрата устраивают из брусьев, железобетонных плит или в виде стального упора (рис. 3.47, *г*). Прокол чаще всего осуществляют с помощью нажимных патрубков длиной 1; 2 и 3 м, изготовленных из отрезков труб (рис. 3.47, *в*). К первому звену трубы приваривают стальной конусный наконечник. Для уменьшения силы трения трубы о грунт диаметр конусного наконечника $D_в$ делают больше диаметра трубы $D_т$. Продвижение трубы происходит за счет уплотнения грунта конусным наконечником.

Общее усилие P, необходимое для продвижения трубы способом прокола (кН)

$$P = P_1 + P_2 + P_3,$$

где P_1, P_2, P_3 — усилия, необходимые на преодоление соответственно сопротивления грунта при вдавливании наконечника, силы трения грунта о наружную поверхность трубы и силы сцепления грунта с поверхностью трубы, кН

$$P_1 = E_0 \pi r^2 \ (3.6); \qquad P_2 = qLf; \qquad P_3 = cA,$$

где E_0 — модуль деформации грунта, МПа; r — радиус наконечника; q — масса одного погонного метра трубы, т; L — длина трубы, м; f — коэффициент трения грунта по стали, $f = 0{,}3...0{,}6$; c — коэффициент сцепления грунта с металлом, $c = 20...30$ кН/м²; A — площадь поверхности трубы, соприкасающейся с грунтом, м².

Мощность гидравлических домкратов, необходимых для продви-

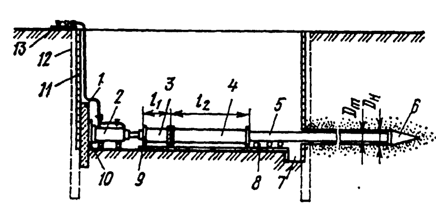
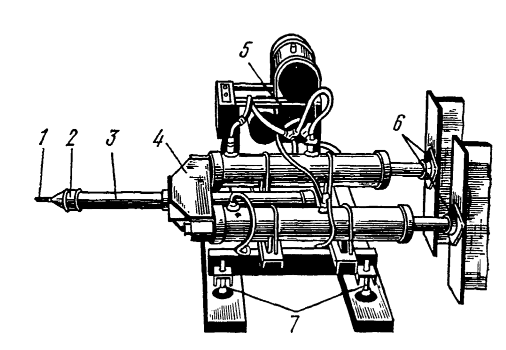


Рис. 3.48. Бестраншейная прокладка труб способом прокола:

1 — упорная железобетонная стенка; *2* — гидравлический домкрат; *3* — нажимный патрубок длиной 1 м; *4* — то же, длиной 3 м; *5* — стальная прокладываемая труба; *6* — стальной конусообразный наконечник; *7* — приямок; *8* — направляющая рама; *9* — нажимная рама; *10* — сварная опорная подушка; *11* — забирка из досок; *12* — двутавровые сваи крепления; *13* — насос гидродомкрата

Рис. 3.49. Установка для устройства скважин способом прокола с последующим протаскиванием расширителей:

1 — направляющая игла; 2 — кольцевое утолщение штанги; 3 — звено штанги; 4 — траверса; 5 — насос гидродомкратов; 6 — упорные винты; 7 — регулировочные винты



жения трубы в конце прокола грунта, определяют по формуле (3.6), но с учетом коэффициента запаса k. Тогда фактическая расчетная величина вдавливающего механизма $P_{ф}=kP$.

В зависимости от диаметра прокладываемой трубы, глубины ее заложения, вида и влажности грунта, длины участка прокола принимают гидравлические домкраты с суммарным услием до 5000 кН. Насосы гидравлических домкратов располагают на поверхности земли. Звенья труб, имеющие заводское антикоррозионное покрытие, опускают автомобильными кранами в рабочую камеру и устанавливают на направляющее устройство. Отдельные звенья трубы соединяют между собой сваркой, и стык покрывают антикоррозионным слоем. Средняя скорость прокалывания (продвижения трубы) зависит от плотности грунта и составляет 20...60 м/смен.

Разновидностью способа прокола является устройство горизонтальной скважины с последующим протаскиванием расширителей (трест «Спецстрой» Главзапсибстроя). Для этого применяют установку (рис. 3.49), состоящую из двух гидравлических домкратов с общим нажимным усилием 500 кН. Штоки гидродомкратов соединены с траверсой, через которую проходит штанга с кольцевыми утолщениями через каждые 400 мм. Штанга состоит из звеньев длиной 800 или 1200 мм диаметром 78 мм. Первое звено имеет направляющую иглу, обеспечивающую скважине проектное направление.

С помощью упорных винтов гидродомкраты передают реактивное давление упорной стенке (из двутавров). Положение установки в котловане выверяют регулировочными винтами. Для устройства скважины в траверсу закладывают первые два звена штанги с наконечником и включают гидродомкраты. Когда штанга продвинулась в грунт на величину хода штока гидродомкрата (400 мм), включают обратный ход, а траверса заходит за следующее утолщение штанги. Включая снова передний ход, штангу передвигают вперед и т. д. до окончания прокола. По мере продвижения штанга наращивается стандартными звеньями. Когда прокол закончен и наконечник штанги вошел в приемный котлован, его заменяют конусным расширителем, диаметр которого должен быть несколько больше диаметра прокладываемой трубы. После этого установку разворачивают на 180°, переставляют опорную раму и штангу с расширителем протаскивают в обратном направлении, образуя сква-

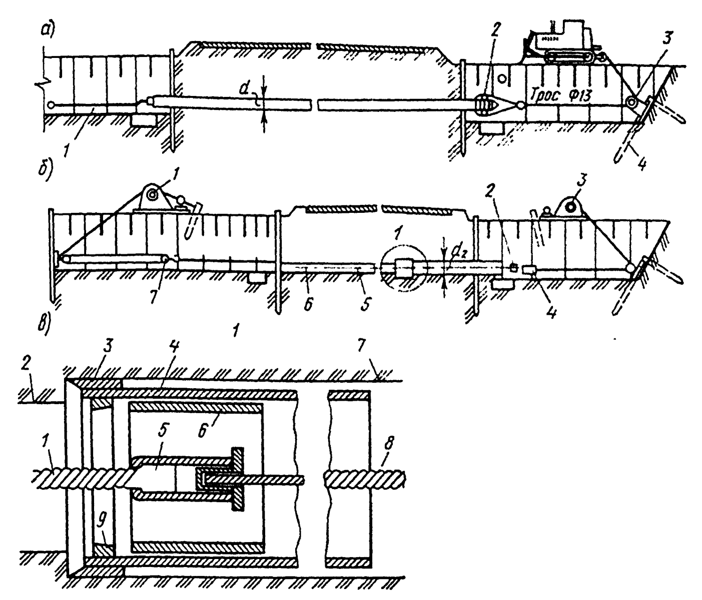


Рис. 3.50. Устройство скважин с использованием лидирующего прокола:

а — технологическая схема извлечения трубы лидирующего прокола и протягивание троса с помощью бульдозера; *1* — тяговый трос с коушем и стаканом; *2* — косынка с проушиной; *3* — отводной блок; *4* — якорь; *б* — технологическая схема протягивания трубы по лидирующей скважине; *1* — протяжная лебедка № 1; *2* — стакан тягового троса; *3* — лебедка № 2 для удаления грунта; *4* — кольцевой нож; *5* — лидирующая скважина; *6* — тяговый трос; *7* — подвижный блок с тяговым крюком; *в* — деталь узла *I*: *1* — тяговый трос лебедки № 1; *2* — лидирующая скважина; *3* — кольцевой нож; *4* — прокладываемая труба; *5* — заделка тягового троса; *6* — стакан; *7* — проектная скважина; *8* — тяговый трос лебедки № 2; *9* — опорное кольцо

жину нужных размеров. Стальную трубу протаскивают в готовую скважину этой же установкой вслед за расширителем или по окончании проходки.

Способ протягивания трубопровода по лидирующей скважине (трест «Приднепроворгтехстрой») состоит в том, что в готовой (лидирующей) скважине диаметром 200 мм, сделанной способом прокола, протягивают трубу бóльшего диаметра — до 800 мм на длину до 40 м. При этом соблюдают следующий порядок выполнения работ: способом прокола трубу с конусным наконечником вводят в грунт домкратной установкой; по окончании прокола трубу извлекают из скважины трактором и одновременно протягивают тяговый трос из рабочего в приемный котлован (рис. 3.50, а); автокран укладывает в нем первое звено трубы длиной 5...6 м.

В передней части труба имеет режущую головку. Сначала трубу вводят в подготовленную расширенную часть скважины, а далее продвигают с помощью тягового троса, идущего к лебедке № *1*, установленной на поверхности земли (рис. 3.50, *б*); для удаления грунта из прокладываемой трубы *4* в нее вводят стакан *6*, подсоединенный с одной стороны к тросу лебедки № *2*, а с другой — к тяговому тросу лебедки № *1* (рис. 3.50, *в*); внутри трубы торец стака-

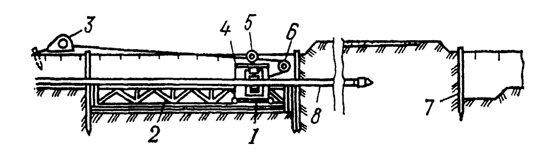


Рис. 3.51. Технологическая схема прокладки трубы методом вибропрокола с помощью установки УВП-1 или УВП-2:

1 — тележка с вибратором; *2* — направляющая рама; *3* — лебедка; *4* — вибратор; *5* — электродвигатель; *6* — блок для троса; *7* — приемный котлован; *8* — труба

на упирается в опорное кольцо *9* и при натяжении тягового троса лебедки № *1* он заполняется грунтом с одновременным продвижением вперед прокладываемой трубы *4*. Когда стакан полностью заполнится грунтом, его извлекают из трубы лебедкой № *2*, освобождают от грунта и снова направляют в трубу. Так циклы повторяются до полного окончания работ.

Для уменьшения сопротивления грунта проколу в песчаных грунтах целесообразно применять способ *вибропрокола*. Сущность его состоит в том, что вибрация от прокладываемой трубы передается частицам прилегающего грунта и сила трения уменьшается. До начала прокола с одной ее стороны устраивают рабочий котлован для виброустановки, а с противоположной стороны — приемный котлован (рис. 3.51). В левом котловане устанавливают направляющую раму для трубы. По рельсовому пути перемещается тележка с вибратором, оборудованная хомутом, с помощью которого труба жестко крепится к вибротележке. Прокол начинают с установки вибротележки в крайнее левое положение котлована. Включают вибратор, и лебедка передвигает тележку вперед вместе с зажатой трубой до крайнего правого положения. После этого хомут снимают, тележку перегоняют в исходное положение, труба наращивается и процесс прокола продолжается. С помощью виброустановки УВП-1 прокладывают трубы диаметром 200 мм, а УВП-2 — диаметром 300...426 мм на расстояние до 30 м.

3.26. Горизонтальное бурение

Горизонтальное бурение осуществляют для прокладки в глинистых грунтах стальных трубопроводов диаметром 820...1020 мм на длину 80...100 м (при работе из одного шурфа). Бурение выполняют с применением бурильного устройства и вращающегося ножа, расположенного впереди прокладываемой трубы. Для бестраншейной прокладки труб методом горизонтального бурения используют эксцентрично-сверлильные машины ЭСМ «Запорожье» (рис. 3.52). ЭСМ состоит из устройства, режущего грунт, совка (вагонетки) для удаления разрыхленного грунта и двух лебедок с полиспастами для проталкивания трубы в готовом отверстии. В режущее устройство входит пропеллерный нож, эксцентрично расположенный относительно продольной оси трубы, малогабаритный редуктор и электродвигатель. Длина пропеллерного ножа несколько больше наружного диаметра трубы. Благодаря этому диаметр высверленного отверстия получается немного больше диаметра трубы, что позволяет значительно уменьшить сопротивление при ее прокладке.

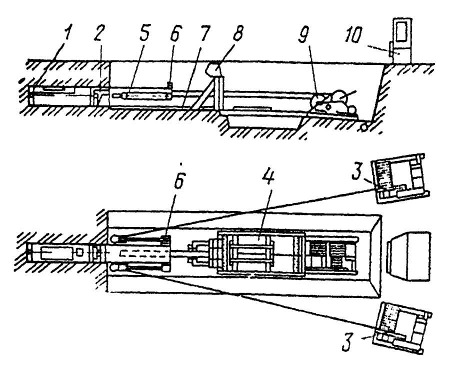


Рис. 3.52. Схема установки «Запорожье»:

1 — режущая головка; *2* — совок; *3* — лебедка подачи трубы; *4* — упор лебедки; *5* — трехроликовая обойма блоков; *6* — захват; *7* — направляющие; *8* — скиповый подъемник; *9* — тяговая лебедка; *10* — кабина управления

По трассе прокладываемого трубопровода устраивают шурфы шириной 3...4 м, длиной 10...19 м, что зависит от размера прокладываемых труб и способа установки тяговых лебедок (в котловане или на поверхности земли). Дно шурфа должно находиться на 200...300 мм ниже трубопровода.

Для придания трубе проектного продольного уклона внизу шурфа устанавливают направляющее устройство или швеллер. Отдельные звенья труб длиной 6 м укладывают на швеллер, сваривают с ранее уложенной трубой и по мере разработки грунта продвигают двумя лебедками с полиспастами. Грунт в трубе загружают в вагонетку или специальный совок, передвигающийся тяговой лебедкой. С помощью крана «Пионер» или скипового подъемника грунт поднимают на поверхность земли и разгружают в автосамосвалы. Точность прокладки трубы контролируют геодезическими инструментами и приспособлениями. Отклонение трубы от проектного положения в горизонтальной плоскости ликвидируют одной из лебедок подачи, а в вертикальной плоскости — регулировкой величины эксцентриситета пропеллерного ножа. Скорость проходки зависит от плотности, влажности глинистых грунтов и диаметра прокладываемых труб. Данные средней скорости проходки установкой «Запорожье» приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. **Скорость проходки установкой «Запорожье»**

Диаметр трубы, мм	Скорость проходки, м/ч	
	на первом метре	на сотом метре
820	9,3	2,9
920	7,6	2,3
1020	6,2	1,9

Новая модель установки «Запорожье-2» является более совершенной и унифицированной. Повышение ее производительности достигнуто за счет непрерывной работы совка, механизации и автоматизации погрузки грунта в емкость.

Для горизонтального бурения скважин применяют установку УГБ-2 и др., в которых грунт разрабатывается фрезерной головкой, а удаление его из прокладываемой трубы (кожуха) производится винтовым конвейером шнекового типа.

3.27. Пневмопробойники для устройства скважин

Пневмопробойники применяют для устройства горизонтальных скважин диаметром 135 мм без расширителя и 150, 200, 250, 300 и 400 мм с расширителем. Имеются специальные пневмопробойники для устройства набивных свай и уплотнения грунта. Предельная длина пробиваемой скважины 50 м. Реверсивный пневмопробойник ударного действия ИП-4603 (рис. 3.53, *а*) представляет гладкий цилиндр с заостренным передним концом. Длина пневмопробойника 1500 мм, его масса без расширителей и шлангов 90 кг. Сжатый воздух до 0,6 МПа от компрессора подается по резинотканевому шлангу к хвостовой части пневмопробойника. Внутри его корпуса сжатый воздух приводит в движение поршень-ударник, который ударяет по наковальне, расположенной в передней части корпуса. Под воздействием направленных ударов корпус уплотняет грунт, передвигается вперед, оставляя за собой круглую скважину с гладкими уплотненными стенками.

Воздухораспределительная система пневмопробойников (ИП-4603, ИП-4605 и СО-134) обеспечивает не только надежную работу и безотказный их запуск, но и реверсирование хода, т. е. возврат машины в исходную точку. Скорость пробивания скважин пневмопробойником ИП-4603 зависит от группы грунта и составляет 40...60 м/ч. Пневмопробойники рационально применять в грунтах без примесей гравия и валунов крупностью более 120 мм.

Для контроля за точностью продвижения пневмопробойника под землей Новосибирским институтом горного дела АН СССР создан специальный прибор, который позволяет не только следить за трассой («подземной ракеты»), но и строить профиль пройденного пути. Чтобы пневмопробойник не отклонялся от проектной трассы, в начальный период его устанавливают на направляющее (стартовое) устройство (рис. 3.53, *б*), разработанное в Минпромстрое БССР. Пневмопробойник *11* укладывают на направляющую *17*, которая опирается на переднюю *18* и заднюю *16* стойки. Захваты *12* под действием пружин *13* зажимают пневмопробойник и обеспечивают ему движение только вперед. С помощью винтов *15* направ-

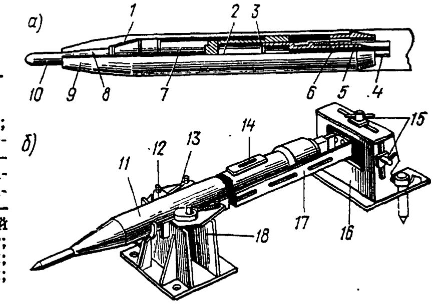


Рис. 3.53. Устройство скважин пневмопробойниками:

а — реверсивный пневмопробойник ИП-4603; *б* — направляющее устройство для пневмопробойника: *1* — задняя рабочая камера; *2* — передняя камера; *3* — окна; *4* — резинотканевый шланг; *5* — торцовый эластичный клапан; *6* — хвостовая гайка; *7* — ударник; *8* — наковальня; *9* — гильза; *10* — заостренный конец; *11* — пневмопробойник; *12* — захват; *13* — пружина; *14* — уровень; *15* — винты; *16* — задняя стенка; *17* — направляющая; *18* — передняя стойка

ляющую можно перемешать на задней опоре вверх — вниз, вправо — влево и тем самым пневмопробойнику придать проектное положение.

3.Е. ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

3.28. Общие сведения

Для разработки грунта гидромеханизированным способом применяют гидромониторы и землесосные снаряды. В городском строительстве наиболее распространены землесосные снаряды, с помощью которых производят намыв площадей (планировку участков), насыпей автомобильных дорог, земляных трибун спортивных сооружений, строительство набережных, портов, дамб, плотин, устройство искусственных водоемов, каналов, углублений дна рек и озер.

Впервые в России гидромониторная установка с ручным водобоем была применена в 1867 г. для разработки грунта на восточносибирском золотом прииске. В 1914 г. по предложению русского инженера Р. Э. Классона был осуществлен гидравлический способ добычи торфа, нашедший широкое использование в годы Советской власти. Большое значение в развитии гидромеханизации имели работы проф. Н. Д. Холина, по предложению которого в конце 20-х годов производилась добыча озокерита на о. Челекен в Каспийском море, а в 1935...1936 гг. — гидромеханизация применялась при строительстве канала им. Москвы. В последующие годы гидромеханизация стала в широких масштабах использоваться в гидротехническом и городском строительствах.

Достоинства гидромеханизации: полная механизация основных процессов — разработки, транспортировки и укладки грунта в возводимое сооружение; высокая производительность гидроустановок при малочисленном обслуживающем персонале, а также возможность транспортировать грунт на большие расстояния, что позволяет значительно снизить стоимость земляных сооружений.

При проектировании и организации производства гидромеханизированных земляных работ необходимо знать физико-механические свойства грунта: плотность, гранулометрический состав, коэффициент неоднородности (по крупности фракций), влажность и пористость, угол внутреннего трения и коэффициент фильтрации. Гидромеханическим способом можно разрабатывать нескальные грунты, которые по трудоемкости разработки делят на шесть групп.

3.29. Разработка грунта гидромониторами

Разработка грунта гидромониторами основана на использовании компактной струи воды, вытекающей из насадки под давлением до 1,5 МПа. Под воздействием ударного действия струи воды грунт теряет свою устойчивость и, смешиваясь с водой, превращается в жидкую массу — пульпу, которая к месту устройства насыпи транспортируется самотеком по лоткам и канавам или с помощью

грунтонасоса по напорному трубопроводу. Первый способ применяют в тех случаях, когда устраиваемое земляное сооружение располагается ниже участка размыва грунта, а второй — выше гидромониторной установки.

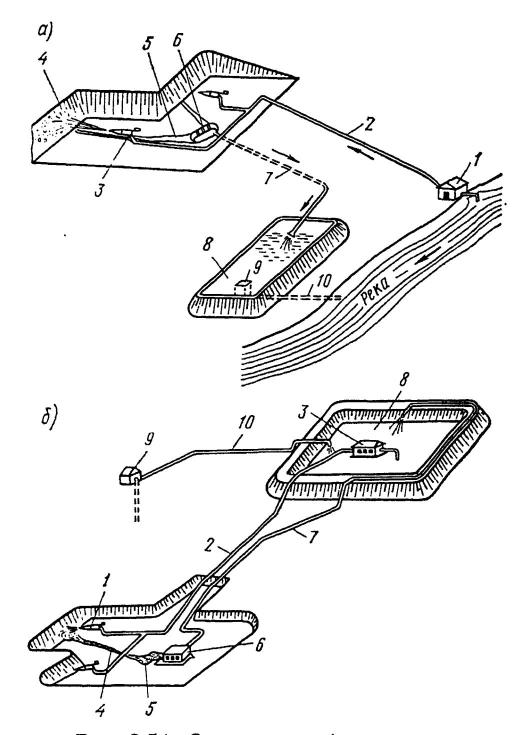


Рис. 3.54. Схемы разработки грунта мониторами:

а — гидромониторной установкой с самотечным гидротранспортом; *б* — гидромониторной установкой с напорным гидротранспортом на оборотной воде

Транспортировка грунта самотеком возможна при определенной скорости пульпы, когда разжиженный грунт находится во взвешенном состоянии. Скорость движения пульпы зависит от крупности частиц грунта — чем они крупнее, тем больше должна быть скорость. Но при значительном увеличении скорости потока возрастают сопротивления его движению, что вызывает излишний расход энергии грунтонасосами и ускоряется износ труб и лотков. Если же уменьшить скорость пульпы, то крупные частицы грунта начнут выпадать в осадок, что может привести к закупорке трубопроводов или заиливанию лотков. Во избежание указанных недостатков пульпа должна иметь критическую скорость, при которой частицы грунта не будут выпадать в осадок (для пульпы, содержащей песок, — 2,5...3 м/с, песчано-гравийную смесь — 3...4 м/с, крупный гравий — 6...8 м/с). Скорость движения пульпы зависит и от плотности пульпы, т. е. от количества частиц грунта, содержащихся в единице объема пульпы. Консистенция пульпы характеризуется отношением объема грунта к объему воды (объемная консистенция) или массы грунта к массе воды (консистенция по массе). При безнапорной гидротранспортировке грунта скорость пульпы зависит от уклона лотка или дна канавы и принимается, %: для глинистых грунтов — 1,5, супесей и мелких песков — 2...2,5, средних песков — 3 и крупных песков — 5...6.

При разработке грунта с помощью гидромониторной установки с самотечным гидротранспортом вода из реки насосной станцией *1* (рис. 3.54, *а*) подается по водоводу *2* к гидромонитору *3*, который в забое *4* размывает грунт. По канаве *5* пульпа поступает в пульпо-

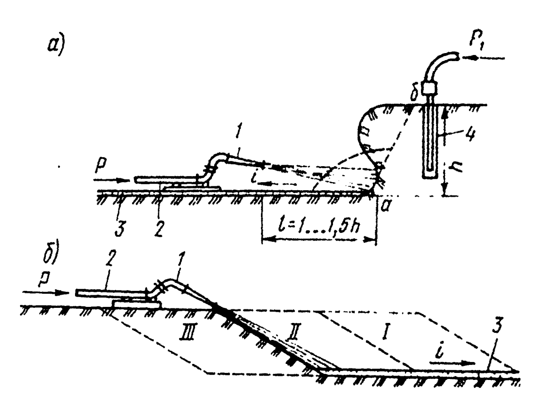


Рис. 3.55. Способы разработки грунта гидромониторами:

а — снизу вверх (встречный забой); *б* — сверху вниз (попутный забой); *1* — ствол гидромонитора; *2* — водовод; *3* — лоток для отвода пульпы; *4* — труба

сборник *6*, откуда по лоткам *7* транспортируется на карту намыва *8*. Площадь, подлежащую намыву (планировке), разбивают на отдельные участки — карты. Если площадь планировки имеет большие размеры, то для обеспечения непрерывной работы гидромониторной установки должно быть не менее трех карт намыва: на первой производится намыв грунта, на второй — монтаж пульповода, на третьей — устройство земляного вала, дренажных колодцев *9* с донным водосбором *10* для отвода осветленной воды в реку. Попадая на карту намыва, пульпа теряет свою скорость движения, и частицы грунта осаждаются на дно карты.

При необходимости подать пульпу на карту намыва, расположенную выше уровня забоя, применяют схему гидромониторной установки с напорным гидротранспортом (рис. 3.54, *б*). Гидромонитор *1* размывает грунт в забое, получая для этого воду по трубопроводу *2* от насосной станции *3*. Для сокращения количества потребляемой воды насосная станция располагается на карте намыва и подает к гидромонитору осветленную воду для повторного ее использования. При этом образуется замкнутая или оборотная система водоснабжения. По канаве *4* пульпа поступает в пульпосборник или зумпф *5*, откуда с помощью землесосной установки *6* по напорному пульпопроводу *7* транспортируется на карту намыва *8*. Учитывая фильтрацию воды в грунт и ее испарение в жаркое время года, необходимо производить пополнение воды на карте намыва из артезианской скважины *9* по водоводу *10*.

С учетом расположения гидромонитора по отношению к забою, грунт можно разрабатывать снизу вверх *встречным забоем* (рис. 3.55, *а*) и сверху вниз *попутным забоем* (рис. 3.55, *б*). При разработке грунта по первому способу гидромонитор устанавливают внизу выемки и размыв грунта ведут в ее основании до момента обрушения верхней части забоя (козырька) по линии *а—б*. При падении глыба грунта размельчается и грунт быстрее размывается водой. По окончании работы на первой позиции гидромонитор, смонтированный на салазках или самоходной установке, переставляют на новую стоянку, где процесс размыва грунта повторяют. Этот способ обеспечивает более эффективное использование ударного действия струи воды, которая падает на плоскость размываемого грунта под углом, близким к 90°.

Для повышения производительности гидромониторной установки

целесообразно вести подбой грунта с обрушением верхней части забоя, а при планировочных работах — предварительное разрыхление плотных грунтов. Разработку связных грунтов осуществляют по методу В. И. Карцева, для чего в глинистый грунт, подлежащий размыву, нагнетают воду под давлением $P_1=0{,}2...0{,}3$ МПа по трубам диаметром до 20 мм (рис. 3.60, *б*). Скважины для труб устраивают на расстоянии $(^1/_3...^1/_2)h$ от бровки выемки и в ряду через 3...4 м друг от друга. В результате избыточного увлажнения связность между частицами грунта уменьшается и верхняя часть забоя обрушивается. Недостаток встречного забоя состоит в том, что трубопровод, гидромонитор и рабочие, управляющие им, находятся на увлажненном грунте, а пульпу необходимо направлять в обход гидромонитора.

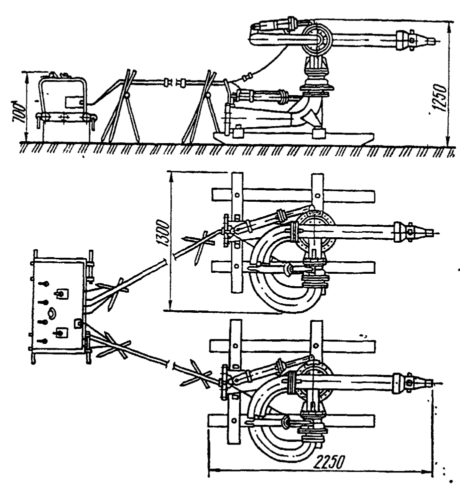


Рис. 3.56. Схема установки для разработки грунта двумя гидромониторами ГМЦ-150 с дистанционным управлением

При разработке грунта попутным забоем гидромонитор устанавливают на бровке выемки, и трубопровод, гидромонитор и рабочие, управляющие им, находятся на сухой поверхности земли. При этом улучшается сток пульпы попутным воздействием струи воды на карту намыва. Недостаток попутного способа состоит в том, что струя воды из насадки гидромонитора направляется в забой почти касательно плоскости размыва грунта и тем самым снижается КПД гидромониторной установки.

Гидромонитор ГМЦ-250 снабжен пятью сменными насадками диаметром 50, 60, 70, 90 и 100 мм, которые придают струе воды нужную форму и размер. При давлении 1,5 МПа и насадке диаметром 50 мм производительность гидромонитора составляет 380 м³/ч, а при насадке диаметром 100 мм — 1530 м³/ч. Гидромонитор ГМЦ-250 с имеет более совершенное оборудование и приспособлен для дистанционного управления с помощью гидроцилиндров. Это позволяет одному рабочему с общего пульта управлять работой двух гидромониторов. Его петлеобразные колена диаметром 210 мм соединены шарнирно и позволяют стволу поворачиваться в горизонтальной плоскости на 120°, а в вертикальной — на 73°. При больших объемах разрабатываемого грунта применяют комплект, состоящий из двух гидромониторов ГМЦ-250 или ГМЦ-150 (рис. 3.56) с дистанционным управлением. В подземных разработках при-

меняют гидромонитор с программным автоматизированным управлением.

Для разработки грунта определенной плотности необходим соответствующий напор воды (МПа): песчаного и супесчаного — 30... 70, суглинистого и лёссового — 0,4...0,9, глинистого — 0,7...1,5. Расход воды на 1 м^3 разрабатываемого грунта соответственно составляет 4...7, 6...9, 8...14 м^3.

При выборе мощности насосов водоподъемной станции необходимо знать полный напор Н (МПа) и расход воды Q (м^3/ч)

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4; \qquad Q = VQ_1,$$

где h_1 — напор, необходимый для размыва грунта; h_2 — напор на потери в водоводе и гидромониторе, принимают 0,004...0,008 МПа на 100 м трубопровода; h_3 — напор, необходимый на преодоление высоты подъема воды от уровня насосной станции до гидромонитора (разность геодезических отметок); h_4 — напор, необходимый на преодоление сопротивления высоты всасывания, h_4=0,04...0,06 МПа; V — объем грунта, разрабатываемого одним гидромонитором в течение 1 ч, м^3/ч; Q_1 — удельный расход воды, м^3/м^3 разрабатываемого грунта.

По секундному расходу воды (м^3/с) определяют диаметр насадки гидромонитора

$$q = \mu \frac{\pi d^2}{4} v; \qquad q = 0{,}769 d^2 v,$$

где μ — коэффициент расхода воды, μ=0,98; d — диаметр насадки гидромонитора, м; v — скорость струи воды при выходе из насадки гидромонитора, м/с.

Скорость (м/с) струи воды, вытекающей из насадки гидромонитора, определяют в зависимости от необходимого напора h_1

$$v = \varphi \sqrt{2gh_1} = 4{,}1\sqrt{h_1},$$

где φ — коэффициент потери скорости в насадке, ψ=0,9...0,98; g— ускорение силы тяжести, g=9,81 м/с^2.

Производительность гидромониторной установки зависит от расстояния между ее стволом и забоем. Исходя из безопасных условий производства работ, это расстояние должно быть равно 1..1,5 высоты забоя. Но для эффективного использования ударного действия струи воды ее скорость (в момент попадания на плоскость размываемого грунта) должна быть не менее: 10...12 м/с — для песчаных грунтов, 18...25 — для супесей и суглинков и 30...35 м/с — для средних и тяжелых глин.

Для обеспечения непрерывной работы гидромонитора применяют два водовода с гибкими шлангами. По первому из них непрерывно подается вода, а на втором водоводе для увеличения его длины монтируют новое звено трубопровода.

3.30. Разработка грунта землесосными снарядами

Землесосные снаряды бывают передвижные (плавучие) и стационарные. Плавучие земснаряды разрыхляют грунт под водой, засасывают пульпу с помощью грунтонасоса и перекачивают ее по плавучему и береговому пульпопроводам на участок насыпи.

В зависимости от диаметра всасывающего патрубка ($D_в$) и мощности грунтового насоса различают землесосные снаряды: мелкие ($D_в$ до 250 мм, N=400...600 кВт), средние ($D_в$ до 400 мм, N=650...1500 кВт) и крупные ($D_в$ до 700 мм, N=2000...25 000 кВт).

Центробежный насос, расположенный в землесосной установке, позволяет транспортировать пульпу по напорному трубопроводу на расстояние до 1,3...2,5 км. Диаметр пульпопровода определяют расчетом в зависимости от объема и вида грунта, скорости движения пульпы, крупности частиц грунта, консистенции пульпы.

Участок разработки грунта земснарядом с перекачкой пульпы на карты намыва (рис. 3.57) ограничен рекой и городской магистралью *А—Б*. Рельеф местности имеет падение к реке. Вдоль реки построена подпорная стенка, имеющая продольный уклон, равный уклону воды в реке. Поскольку участок должен быть спланирован с уклоном от точки *В* в сторону реки и с учетом уклона подпорной

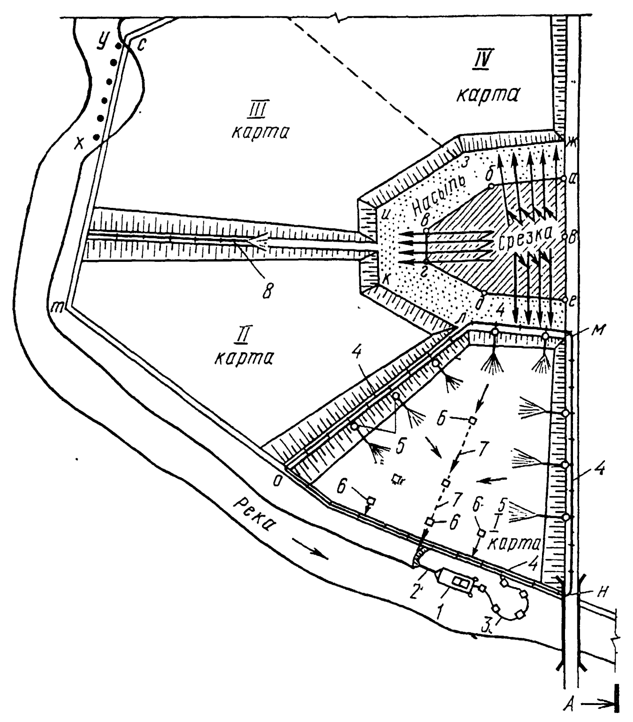


Рис. 3.57. Схема разработки грунта плавучим земснарядом с перекачкой пульпы на карты намыва

стенки, его разбивают на отдельные сектора, которых в нашем случае может быть три или четыре (в зависимости от размеров участка). Каждый сектор имеет свой уклон, определяемый уклоном подпорной стенки и заданной отметкой в точке *В*.

На части заданного участка выполнена (бульдозером или скрепером) срезка на площади *а—б—в—г—д—е—а*, и срезанный грунт распределяют на участке между линией нулевых работ и ломаной линией *ж—з—и—к—л—м*. На остальной части участка, заключенного между подпорной стенкой и откосом насыпи, необходимо намыть грунт земснарядом за счет расширения и углубления реки. Поскольку каждый сектор имеет свою величину и направление уклона, карты намыва устраивают на площади этих секторов. По линии пересечения плоскостей каждого сектора (по границам секторов) устраивают обвалование. Первая карта намыва имеет границы, проходящие по земляному валу *о—л*, вдоль откоса насыпи *л—м*, по насыпи автомобильной дороги *м—н* и по части подпорной стенки *н — о*.

Земснаряд *1* с помощью грунтонасоса по трубе *2* засасывает пульпу и нагнетает ее сначала в плавучий *3*, а затем в береговой *4* пульпопровод. В зависимости от размеров, формы и уклона карты береговой пульпопровод может быть закольцован или состоять из отдельных тупиковых линий. Закольцованный пульпопровод имеет выпуски *5*, с помощью которых регулируют подачу пульпы на отдельные участки планируемой площади. Из пульпы, попавшей на карту намыва, выпадают частицы грунта, а осветленная вода через водоприемные колодцы *6* по водосбросным трубам *7* отводится в реку. Для обеспечения бесперебойной работы земснаряда участок намыва грунта разбивают как минимум на три карты. При такой организации работ на первой карте производят намыв грунта, на второй — монтаж пульпопровода и на третьей — обвалование.

Плавучий земснаряд с роторно-ковшовым рыхлителем (рис. 3.58) имеет гибкий плавучий пульповод, обеспечивающий земснаряду большую подвижность и непрерывное перемещение в процессе работы. Производительность земснаряда зависит от правильного выбора грунтозаборного устройства, которое бывает со свободным всасыванием грунта и с механическими рыхлителями (фрезерными и роторно-ковшовыми). Грунтозаборное устройство со свободным всасывающим устройством применяют для разработки рыхлых и несвязных грунтов, а с механическим рыхлением — для разработки связных грунтов.

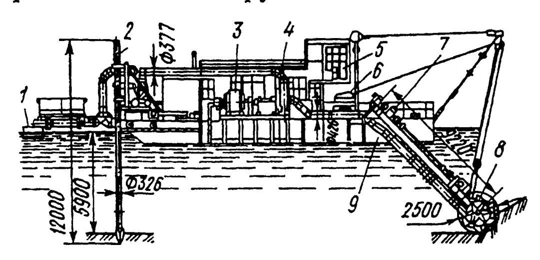


Рис. 3.58. Земснаряд с роторно-ковшовым разрыхлителем:
1 — плавучий пульпопровод; *2* — напорный свайный ход; *3* — электродвигатель землесоса; *4* — землесос; *5* — пульт управления; *6* — лебедка; *7* — привод рыхлителя; *8* — роторно-ковшовый рыхлитель; *9* — корпус

Наша промышленность выпускает землесосные снаряды общего назначения производительностью 120..650 м³/ч. При разработке тяжелых глинистых грунтов и песчано-гравийной смеси целесообразно применять земснаряд 350-50Т и 100-40К, который оборудован фрезерным рыхлителем с возможностью разработки грунта II...V категорий на глубине 8...12 м. При разработке грунта на глубине до 20 м применяют гидроэжекторные устройства.

Процессы, связанные с перемещением и поворотом земснаряда во время его работы для поддержания постоянного контакта грунтозаборного устройства с грунтом, называют папильонированием. В зависимости от вида разрабатываемого грунта, типа грунтозаборного устройства, глубины и ширины водоема папильонаж бывает тросовый и свайный. Тросовый папильонаж чаще всего используют при разработке сосуном несвязных грунтов, расположенных на глубине более 12 м. В этом случае перемещение земснаряда вперед и поворот его на нужный угол осуществляют с помощью двух передних тросов, а движение назад — одним тросом, расположенным сзади. Тросы крепят к якорям, а их натяжение осуществляют лебедками. Свайный папильонаж применяют при разработке связных грунтов с механическими рыхлителями, когда необходимо создать определенное усилие для резания с точным передвижением земснаряда, а также при дноуглубительных работах.

Простейший свайный ход осуществляется с помощью двух трубчатых свай, из которых одна (правая) заглублена, а вторая (левая) поднята (рис. 3.59, а). Поворот земснаряда вправо вокруг заглубленной сваи происходит с помощью натяжения одного троса при одновременном ослаблении другого. По окончании поворота земснаряда на нужный угол первая свая поднимается, вторая заглубляется и поворот ведется влево вокруг второй сваи. Недостаток: не обеспечивается равномерная ширина ленты срезаемого грунта (в плане); при постепенном переходе земснаряда с одной позиции на другую фреза грунтозаборного устройства перемещается по части дуги с ранее разработанным грунтом, что снижает производительность земснаряда.

Для устранения этого недостатка применяют напорный свайный ход (рис. 3.59, *б*). Он состоит из подвижного портала с тележкой, передвигающейся в прорези на корме земснаряда. К порталу жестко крепят рабочую сваю, которая, будучи заглубленной в грунт, служит опорой для передвижения земснаряда вперед. Когда портал с тележкой занимает крайнее заднее положение *IV* (величина хода тележки составляет 2,5...3 м), папильонирование прекращается и корма земснаряда фиксируется на месте с помощью погружения в грунт второй прикольной сваи. Рабочую сваю поднимают лебедкой и тележку перегоняют в исходное (переднее) положение *I*. На новой позиции рабочую сваю закрепляют в грунте, прикольную сваю поднимают и процесс разработки грунта продолжают. Напорный свайный ход обеспечивает постоянный контакт рыхлителя с грунтом с концентрическим движением грунтозаборного устройства при неизменной ширине срезаемой ленты грунта.

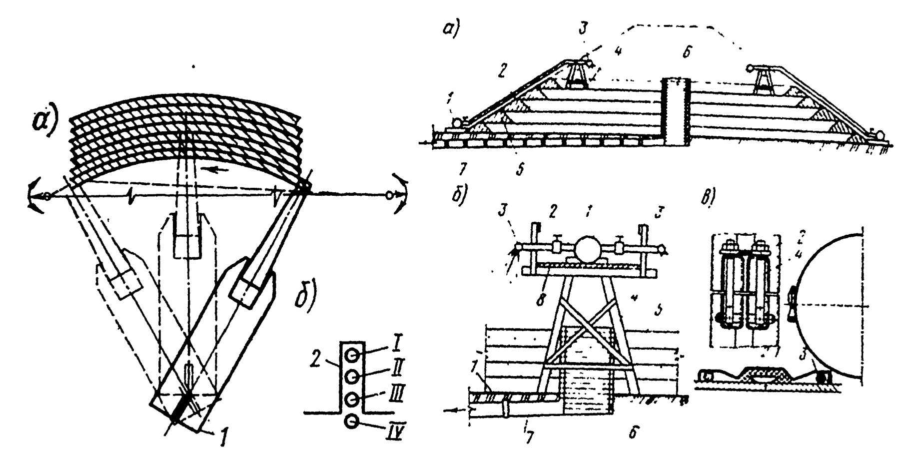


Рис. 3.59. Схема передвижения земснаряда с использованием напорного свайного хода:

1 — прикольная свая; *2* — положение свай в прорези корпуса земснаряда

Рис. 3.60. Намыв грунта при устройстве насыпи:

а — безэстакадный способ; *б* — эстакадный способ; *в* — деталь бесфланцевого соединения труб пульпопровода

К месту укладки грунта в насыпь пульпу можно транспортировать безэстакадным и эстакадным способами. Наиболее экономичным является безэстакадный способ, когда пульпопровод укладывают по земляным валам, устроенным земснарядом. Для этого отдельные звенья пульпопровода *8* (см. рис. 3.57) располагают по оси будущей перемычки и намывают грунт толщиной 600...800 мм. Затем подсоединяют второе, третье звено и т. д., пока не будет намыт первый слой на длине земляного вала. Второй слой грунта намывают в обратном порядке, т. е. отсоединением отдельных звеньев пульпопровода. Процесс послойного намыва грунта продолжают до получения земляной перемычки необходимой высоты. Недостаток: в период намыва земляных перемычек земснаряд используют не полностью; процесс подсоединения отдельных звеньев пульпопровода и снятие их (для послойного намыва перемычек) трудоемкий, вследствие чего срок гидромеханизированных работ увеличивается.

При эстакадном способе (рис. 3.60, *б*) пульпоровод *1* укладывают по деревянным эстакадам *4*, которые в последующем замываются грунтом и при большой высоте насыпи практически не извлекаются. Это вызывает лишний расход древесины, что повышает стоимость гидромеханизированной разработки грунта. К магистральному пульпопроводу *1*, расположенному на эстакаде *4*, подсоединяют патрубки *2* с разводящими перфорированными трубами *3*. Для регулировки подачи пульпы на карты намыва вдоль пульпопроводов устроен рабочий настил *8*. На участке насыпи грунт намывается послойно *5*.

При намыве насыпи автомобильной дороги (рис. 3.60, *а*) магистральные пульпопроводы *1* могут располагаться в зависимости от ширины проезжей части, вида грунта с двух, с одной сторон и по

ее центру. Наиболее экономичным является двусторонний безэстакадный намыв грунта. Магистральные пульпопроводы через 25... 30 м имеют тройники с патрубками *2* и задвижками. Монтаж пульпопроводов производят с помощью автомобильных кранов. Отдельные звенья труб соединяют друг с другом при помощи фланцев и болтов с резиновой прокладкой, а также с помощью бесфланцевых соединений (рис. 3.60, *в*). Последний способ получил наиболее широкое распространение при монтаже всех видов пульпопроводов. В бесфланцевом соединении основным элементом является резиновая манжета *1*, которая и обеспечивает герметизацию стыка. Чем больше давление в пульпопроводе, тем сильнее внутренние кромки манжеты прижимаются к стенкам трубы. Снаружи манжета обжимается двумя штампованными полухомутами *2*, стягивающимися четырьмя откидными болтами *4*. Для восприятия осевых усилий и центровки соединения на концы труб приваривают кольца *3*.

При безэстакадном способе намыва грунта (см. рис. 3.60, *а*) патрубки располагают по откосу насыпи. Сверху они заканчиваются горизонтальной перфорированной трубкой *3*, по которой пульпа поступает на карту намыва. Горизонтальные трубы укладывают на легкие переносные кóзлы *4*. По периметру карты длиной 200... 300 м производят обвалование *5* высотой в среднем 1 м. На продольной оси карты из деревянных брусков устраивают дренажные (водосбросные) колодцы *6* размером 60×60 см. Количество их в зависимости от интенсивности притока осветленной воды и коэффициента фильтрации грунта определяется проектом. Внизу водосборного колодца укладывают трубу *7* для удаления осветленной воды в водоем или в отстойник повторного использования.

Намыв грунта выполняют послойно толщиной 0,2...1,2 м при связных грунтах и 0,5...2 м при несвязных грунтах. По мере возведения насыпи патрубки наращивают, а бульдозеры или экскаваторы устраивают обвалование на новом ярусе, и так работа продолжается до получения полного профиля земляного сооружения.

3.Ж. РАЗРАБОТКА ГРУНТА В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

3.31. Предохранение грунта от промерзания

В нашей стране ежегодно разрабатывают около 1 млрд. м^3 мерзлого грунта, так как на значительной территории грунт более полугода находится в мерзлом состоянии. Для уменьшения трудозатрат и стоимости земляных работ грунт, подлежащий разработке в зимних условиях необходимо либо предохранить от промерзания, либо превратить его в такое состояние (рыхлый или талый), при котором могли бы его разрабатывать землеройные машины. Наиболее экономичным является первый способ, так как промерзший грунт становится во много раз прочнее обычного, находящегося в естественном состоянии.

Способы предохранения грунта от промерзания зависят от вида грунта и его влажности. Чем больше влажность и меньше порис-

тость, грунта, тем больше он промерзает. Глинистые грунты промерзают при более низкой температуре и обладают бо́льшей прочностью, сопротивляемостью резанию и рыхлению, чем песчаные и гравелистые. При промерзании увлажненные глинистые и пылевато-иловатые грунты вспучиваются, а скальные не изменяют свой объем и прочность. Для предохранения грунта от промерзания в зимний период на участке будущего котлована осенью ведут перекрестное (двойное) рыхление на глубину 30...40 см с перекрытием разрыхленной полосы на 20 см. Сверху выполняют боронование на глубину 10...15 см.

Грунт от промерзания предохраняется не только на площади будущего котлована, но и вокруг него с шириной полосы, равной глубине промерзания. Грунт, подлежащий разработке в последней трети зимы (особенно супесчаный и гравелистый), необходимо взрыхлить на глубину до 1 м, используя для этого, навесные более мощные гусеничные рыхлители (например, ДП-9С, ДП-9С1 и ДП-10С на базе тракторов ДЭТ-250М и Т-330).

Глубина промерзания грунта зависит от величины отрицательной температуры и количества морозных дней. Чтобы не повысить теплопроводность грунта, нельзя допускать заполнения его пор водой. Для этого разрыхленный грунт в осенний период времени защищают от увлажнения поверхностными водами, а в зимний период на площади заборонованного грунта устраивают снегозадержание с помощью щитов или производят искусственное увеличение толщины слоя снега до 1,5 м, перемещая его с соседних участков. Рыхление предохраняет грунт от промерзания в течение первой трети зимы, а снегозадержание или утепление — в течение первой и второй трети зимы. В зависимости от климатической зоны и местных условий поверхность грунта, подлежащего разработке зимой, осенью покрывают каким-либо теплоизоляционным материалом: опилками, шлаком, торфом, а также щитами с утеплителем (сотопласты и поропласты).

Эффективным способом предохранения грунта от промерзания является также нанесение на его поверхность в осенний период сплошного слоя пористой полимерной пены толщиной 250...300 мм с помощью пеногенерирующей установки ПГК-2М.

Грунт в основании траншеи предохраняют от промерзания с помощью деревянных щитов, уложенных сверху траншеи и засыпанных слоем снега 15...100 см.

В средней полосе СССР, где температура на поверхности грунта под снежным покровом не ниже минус 15 °С, целесообразно применять для защиты грунта от промерзания химический способ, используя для этого иодобромистую воду, технический хлористый натрий или отходы химических предприятий, содержащие водорастворимые соли (сильвинитовые отвалы Соликамского, Березниковского и Солигорского калийных комбинатов). Возможность применения этого способа должна быть проверена с учетом агрессивного воздействия отходов химических производств на подземные коммуникации зданий и сооружений.

3.32. Рыхление и резание мерзлого грунта

Экскаваторами прямая и обратная лопата с емкостью ковша 0,5—0,65 м^3 можно разрабатывать (без предварительного рыхления) мерзлый грунт толщиной до 25 см, а с емкостью ковша 1...1,25 м^3 — до 40 см. При бóльшей глубине промерзания и больших объемах земляных работ, когда невозможно предохранить грунт от промерзания, необходимо применять предварительное рыхление, резание на блоки или оттаивание мерзлого грунта. Рыхление производят взрывным, ударным, вибрационным и виброударным способами.

Взрывной способ является экономичным, но в городских условиях он используется ограниченно. Целесообразно его применять при больших объемах работ и глубине промерзания более 1,5 м в новых районах застройки, где вблизи нет зданий и сооружений. При наличии застройки используют жалюзийный гаситель шатрового типа из листовой стали толщиной 12 мм размером в плане 3×5 м или 2,2×4,5 м, высотой 1...1,5 м. Устанавливают его над группой шпуров диаметром 50...70 мм, которые располагают в шахматном порядке на расстоянии друг от друга не более 1 м, глубиной 0,8...0,9 H (H — толщина мерзлого слоя). Для уменьшения трудозатрат шпуры устраивают с осени до наступления морозов, закрывая их сверху удлиненными пробками. Горизонтальные рукава размещают в зоне контакта мерзлого и талого грунта.

Рыхление мерзлого грунта можно производить и методом щелевых зарядов. Для этого барами нарезают щели глубиной 15...20 см выше линии промерзания грунта (чтобы повысить КПД взрыва и исключить образование «котлов» — вдавливания грунта). В готовые щели (через ряд) укладывают взрывчатое вещество и электрическим способом производят взрыв.

Чтобы исключить разлет мерзлого грунта при взрыве, применяют передвижное укрытие, состоящее из платформы 40-тонного трайлера и подвешенной к нему броневой плиты (локализатор взрыва), которая с помощью гидроцилиндров может опускаться на поверхность земли и подниматься в транспортное положение. При взрыве разлет мерзлого грунта можно исключить благодаря применению якорных цепей, подвешенных к передвижной платформе. Для этих же целей применяют локализатор санного типа, перемещаемый трактором.

Ударный способ механического рыхления применяют для разработки мерзлого грунта на небольшой площади траншей и котлованов. При этом используют стальной клин (или шар) массой до 2 т, подвешенный к стреле экскаватора (обычно драглайна), который периодически поднимает его на высоту 2...3 м, а при падении клин своим острием рыхлит мерзлый грунт. Недостаток такого способа состоит в неэффективном использовании кинетической энергии падающего клина. При каждом последующем падении он не попадает в одно и то же место. Будучи свободно подвешенным на тросе, и не имея направленного движения, клин раскачивается, падает на

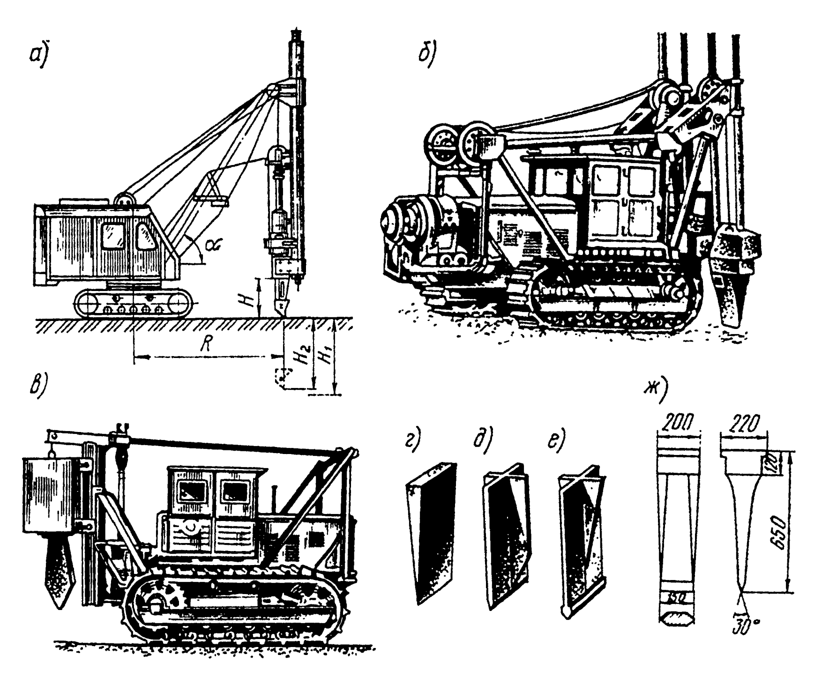


Рис. 3.61. Механическое рыхление мерзлого грунта

поверхность мерзлого грунта под острым углом, а иногда «рикошетом» отскакивает от плоскости скола. Кроме того, при рыхлении мерзлого грунта стальным клином периодически возникают динамические нагрузки, вызывающие усиленный износ экскаватора и стального троса, а также отрицательно влияющие на подземные коммуникации и основания вблизи расположенных зданий.

Для устранения указанных недостатков целесообразнее применять дизель-молот (рис. 3.61, *а*), рыхлитель ударного действия (рис. 3.61, *б*) или виброклин (рис. 3.61, *в*). Навесное оборудование дизель-молота или гидромолота (СП-62 и др.) монтируют на базе экскаватора, бульдозера, погрузчика или трактора. Достоинство такой установки состоит в том, что клин имеет направленное движение (по вертикальной направляющей раме) и концентрирует несколько ударов в одну точку, вследствие чего мерзлый грунт рыхлится на глубину до 1,3 м.

ВНИИСтройдормашем разработана машина ударного действия с двумя клиньями, которые рыхлят мерзлый грунт на глубину до 1 м с шириной полосы 3 м под воздействием падающих на них грузов. Производительность такой установки до 30 м³/ч. Машина ударного действия ДП-23С на базе трактора Т-100 со следящей системой разрабатывает грунт с глубиной промерзания до 1,5 м. Клин погружается в грунт при ударе груза по наковальне. Отрыв раздробленного грунта от массива производят напорным усилием трактора при непрерывном его движении со скоростью 17 м/ч. Величину откалы-

ваемых кусков мерзлого грунта регулируют изменением шага перестановки рабочего органа. Ударная часть груза массой 1,5 т производит 12...15 ударов в минуту. За один проход установка рыхлит грунт на глубину 1,1 м с шириной полосы 3,2 м.

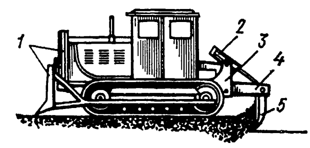


Рис. 3.62. Установки для рыхления мерзлого грунта:
1 — отвал; *2* — гидроцилиндры; *3* — кронштейн; *4* — рама; *5* — зуб

Работа виброклина основана на использовании вибрации клина, под воздействием чего мезрлый грунт теряет свою монолитность. Разновидностью является виброударная установка ВР-25, смонтированная на тракторе Т-100. Рыхление грунта производится вибромолотом с пригрузом массой 3,5 т. Производительность такой установки 15...20 м³/ч. Форма и конструкция клиньев виброударного рыхлителя принимаются в зависимости от вида грунта, глубины его промерзания и может иметь: угол заострения 5...10° (рис. 3.61, *г*) при рыхлении хрупких мерзлых грунтов, плоский клин с ребрами и острой кромкой (рис. 3.61, *д*), плоский клин с ребрами и утолщенной кромкой (рис. 3.61, *е*) при рыхлении пластичных грунтов и шестигранный клин трехклинного рыхлителя ударного действия (рис. 3.61, *ж*). Трехклинный рыхлитель измельчает мерзлые глыбы на более мелкие куски, которые можно грузить на автосамосвалы или отсыпать в отвал экскаватором с вместимостью ковша 0,35...0,65 м³.

Для послойной разработки мерзлых грунтов применяют прицепную установку (рис. 3.62, *а*), в которой клин рыхлит грунт под воздействием молота и тягового усилия трактора. Глубина погружения и угол наклона клина регулируются гидроцилиндрами. При рыхлении мерзлых грунтов наиболее производительными и экономичными являются навесные рыхлители на базе мощных тракторов (ДЭТ-250М и Т-330). Они снижают стоимость рыхления и затраты труда по сравнению с рыхлением падающим стальным клином. Тракторные рыхлители с рабочим органом, имеющим от одного до пяти зубьев, рыхлят грунт глубиной 500...1200 мм с шириной полосы 1,7... 2,5 м.

В зимних условиях экскавацию мерзлого грунта (особенно глинистого) можно производить с предварительным распиливанием его на блоки. Прорези в мерзлом грунте устраивают с помощью баровых и дисково-фрезерных машин.

Однобаровые машины БС-100, БДТ-54 и БГМ-3, а также двухбаровые машины 2БС-100 и БЭР-7А нарезают щели глубиной 1,2... 1,8 м, шириной 150...310 мм (рис. 3.63). Производительность однобаровой установки при глубине щели 1,5 м — до 60 м/ч. В траншейном многоковшовом экскаваторе вместо ковшовой рамы установлено два цепных бара, делающих пропилы шириной до 130 мм на глубину до 2 м. Двухбаровая машина за смену нарезает такое количество блоков, которых достаточно для двух работающих экскаваторов с вместимостью ковша 0,65 м³. Имеются двухбаровые машины, смонтированные на траншейном экскаваторе, которые не

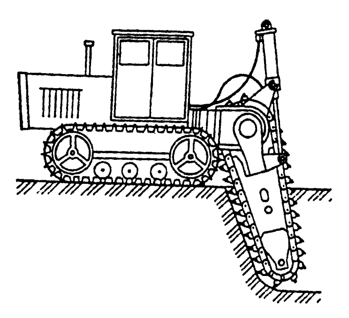


Рис. 3.63. Бара на базе трактора Т-100т

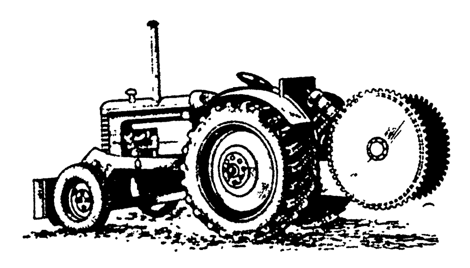


Рис. 3.64. Двухдисковая фрезерная машина

только нарезают щели глубиной 0,5...2,2 м, но и отрывают блоки от массива с помощью гидравлического устройства.

Дисково-фрезерные машины (рис. 3.61) целесообразно применять для пропиливания щелей в мерзлом грунте глубиной до 1,1 м. Они имеют одну, две, три или четыре фрезы диаметром 1,2...2,8 м со сменными резцами. При работе с большими дисками ширина прорези составляет 70...80 мм, а малыми — 40...50 мм. В грунтах II и III группы скорость прорезания щелей составляет 300...330 м/ч, а IV группы — 190...210 м/ч. Наша промышленность выпускает двухдисковые фрезерные машины ДФМ-2 и ДФМ-1м с диаметром дисков соответственно 2,5 и 1,6 м, а также четырехдисковые машины ДФМ-4. Производительность дисково-фрезерных машин зависит от вида грунта, его влажности, глубины промерзания, размера блока и составляет 60...300 м^3 в смену. Двухдисковая фрезерная машина ДФМ-1м прорезает щель глубиной 1 м, шириной 140 мм со скоростью 25...35 м/ч. Недостаток способа — из-за большой абразивности мерзлых грунтов быстро изнашиваются резцы бара и зубья фрезы. Однако дисково-фрезерное оборудование наиболее простое, имеет большой срок службы, требует меньших затрат времени на изготовление и в процессе работы менее энергоемко, чем баровое оборудование. Недостаток дисково-фрезерных машин — низкий (не более 0,4) коэффициент использования диаметра диска (отношение глубины прорезаемой щели к диаметру фрезы).

При выполнении планировочных работ зимой целесообразно применять землеройно-фрезерную машину ЗФМ-2300А, которая послойно рыхлит мерзлый грунт глубиной 10...35 см на полосе шириной 2,6 м.

3.33. Комплексная механизация при разработке грунта

Мерзлый грунт, разрыхленный или разрезанный на блоки, в котлованах и траншеях разрабатывают одноковшовыми экскаваторами, оборудованными прямой, обратной лопатой и драглайном.

При рыхлении мерзлого грунта стальным клином с последующей его разработкой драглайном (рис. 3.65, *а*) до начала работы

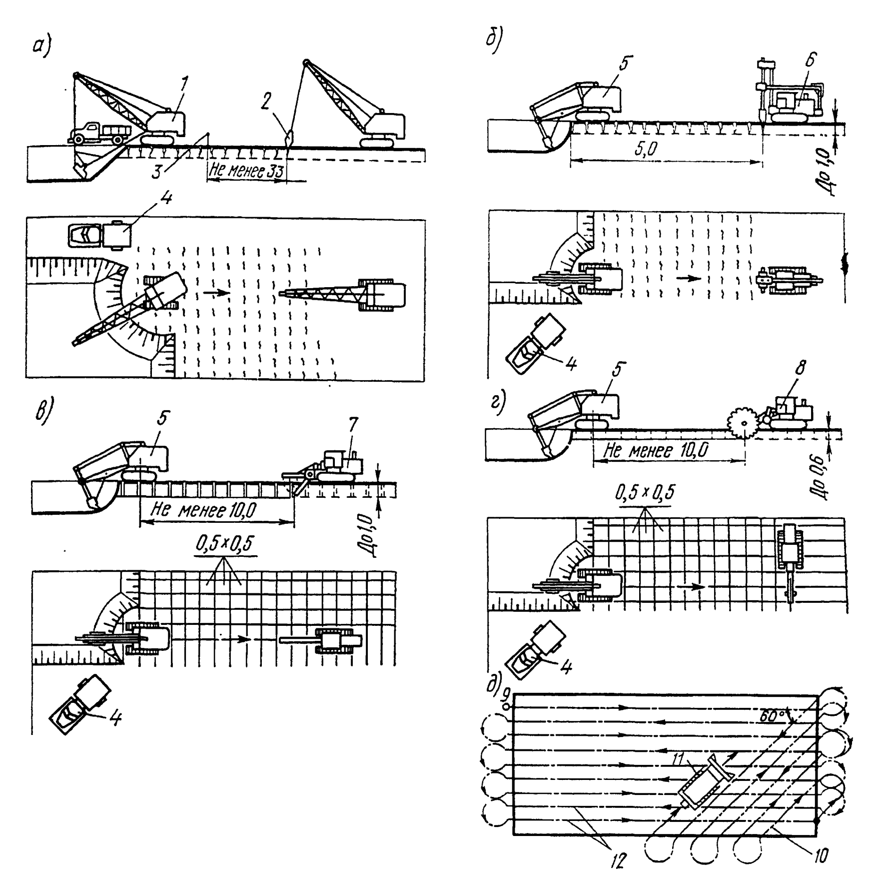


Рис. 3.65. Технологические схемы рыхления и разработки мерзлого грунта комплектом машин (размеры в м):

а — экскаватором драглайном *1* и стальным клином *2*; *3* — граница безопасной зоны работ; *4* — автосамосвал; *б* — экскаватором обратная лопата *5* — и трехклинным рыхлителем *6*; *в* — экскаватором обратная лопата *5* и баровой установкой *7*; г — экскаватором обратная лопата *5* и дисковой фрезой *8*; *д* — рыхление мерзлого грунта навесным рыхлителем; *9* — начало рыхления; *10* — диагональные проходки; *11* — навесной тракторный рыхлитель; *12* — продольные проходки

на площади будущего котлована убирают снег. Рыхление осуществляют по всей ширине проходки экскаватора. Впереди перемещается рыхлитель, а за ним экскаватор, разрабатывающий как мерзлый разрыхленный грунт, так и лежащий под ним талый грунт. Учитывая возможный разлет кусков мерзлого грунта (в момент падения клина на поверхность земли под острым углом), для безопасного производства работ расстояние от места падения клина до зоны работающего экскаватора должно быть не менее 33 м. Местоположение экскаватора фиксируется вешкой, устанавливаемой от него на 3...4 м.

На рис. 3.65, *б, в, г* показаны схемы работы экскаватора обратная лопата с предварительным рыхлением мерзлого грунта трех-

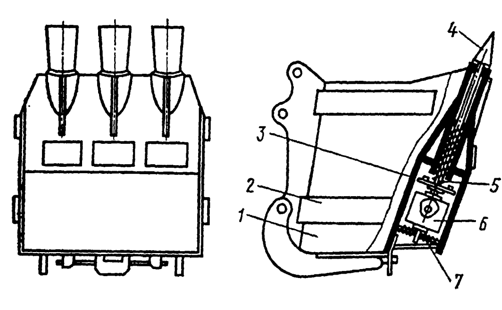


Рис. 3.66. Деталь виброковша экскаватора с активными зубьями для разработки мерзлого грунта без его предварительного рыхления

клинным рыхлителем, а также разрезанием на блоки баровой установкой или дисковой фрезой. При рыхлении мерзлого грунта трехклинным рыхлителем расстояние от места падения клина до зоны работы экскаватора принимают 5 м. При разрезании на блоки баровой установкой или дисковой фрезой расстояние от места резания до центра поворотной платформы экскаватора должно быть не менее 10 м. Размеры блоков зависят от мощности экскаватора, размера его ковша, глубины промерзания и вида грунта. Нарезанные блоки размером $0{,}5\times0{,}5$ м могут разрабатывать экскаваторы с вместимостью ковша 0,5—0,65 м^3. Если в грунте устроены прорези глубиной $0{,}7...0{,}8H$ (H — величина промерзания), то экскаватор легко снимает блок с места, надламывая нижнюю (менее прочную) непрорезанную часть мерзлого грунта. Блоки нарезаются по ходу движения экскаватора. Сначала делают продольные прорези, а затем — поперечные. Количество машин, рыхлящих или распиливающих мерзлый грунт, определяется из условия обеспечения бесперебойной работы экскаватора. Схема послойного рыхления мерзлого грунта навесным тракторным рыхлителем показана на рис. 3.72, *д*. При необходимости рыхления грунта повышенной прочности кроме продольных проходов *12* производятся дополнительные диагональные проходы *10*.

Разработку мерзлого грунта без предварительного его рыхления можно вести с помощью многоковшовых цепных и роторных экскаваторов.

Рабочий орган экскаватора ЭТЦ-205С оборудован режущими и скалывающими зубьями. При разработке мерзлого грунта в траншее глубиной 2 м и шириной 0,65 м производительность этого экскаватора составляет 35 м^3/ч. Роторный экскаватор БТМ-ТМГ при разработке мерзлого грунта в траншее глубиной 1,5 м, шириной 0,7 м и рабочей скорости до 200 м/ч имеет производительность 100 м^3/ч.

Прогрессивным направлением является разработка мерзлых грунтов (без предварительного их рыхления) с помощью землеройных машин, оборудованных забойными органами (активными зубьями). Экскаватор, например, прямая лопата имеет сварной ковш *1* (рис. 3.66), усиленный поясами жесткости *2*. В передней полой стенке ковша *3* размещается механизм, состоящий из ударника *5*, трех вибрационных или пневматических молотов *6* с пружинной подвеской *7*. Активные зубья ковша 4 разрабатывают мерзлый грунт под воздействием напорного усилия экскаватора, вибрации

или ударов (570...780 в минуту). В экскаваторе Э-652Б каждый пневмомолот автоматически включается в работу, когда на зуб передается усилие 5000...7000 Н.

Чтобы исключить промерзание грунта во время перерывов в работе, разрыхленный на блоки грунт должен разрабатываться круглосуточно. Во время перерывов, возникающих между окончанием земляных работ и началом монтажа фундаментов или укладкой трубопроводов, необходимо защищать основание от промерзания, оставляя для этого слой рыхлого грунта (недобор) толщиной 20...30 см или укладывать слой утеплителя. Снятие слоя недобора грунта с зачисткой основания котлована или траншеи производят перед началом монтажа фундаментов или трубопроводов.

Грунт, применяемый для засыпки траншей или пазух котлованов, не должен содержать более 15 % мерзлых комьев (по объему). Нельзя применять мерзлый грунт при засыпке пазух внутри зданий. Если в траншею уложен трубопровод, то сначала послойно засыпают и уплотняют только талый грунт на высоту 0,5 м над трубой. Остальную часть траншеи засыпают грунтом с содержанием мерзлых комьев не более 15 %. Засыпку траншеи, над которой устраивают проезжую часть городских улиц, производят только несмерзшимся песком.

До начала отсыпки грунта в насыпь автомобильной дороги ее основание очищают от снега и льда, а неровности засыпают талым грунтом (однородным с основанием) с послойным уплотнением. При этом объем мерзлых комьев размером не более 15 см не должен превышать 30 % от общего объема грунта.

Чтобы исключить в зимний период примерзание перевозимого влажного и вязкого грунта к кузову автосамосвала (и тем самым повысить его производительность), целесообразно на его внутреннюю поверхность наносить механизированным способом ниогрин (маслянистую жидкость, полученную в результате переработки нефти).

В зимних условиях нельзя применять для устройства постоянных земляных сооружений меловые, тальковые и трепельные грунты, а также торф, дерн и жирные глины. Нижнюю часть возводимой зимой насыпи делают из хорошо дренирующего грунта. Если насыпь устраивают в зимних условиях при средней температуре наружного воздуха выше —5 °С, то ее высота не ограничивается. При средней температуре за период производства работ ниже —5 °С высота насыпи должна быть не более: 4,5 м при средней температуре воздуха не ниже —10 °С, 3,5 м — не ниже —15 °С и 2,5 м — не ниже —20 °С. Если земляное сооружение устраивают из гравелистых, каменистых и песчаных грунтов, то высота насыпи не ограничивается и не зависит от величины отрицательной температуры воздуха. Нельзя укладывать мерзлый грунт ближе 1 м от поверхности откоса насыпи. Планировка и укрепление откосов постоянных земляных сооружений, возведенных зимой, производится при положительной температуре, когда полностью оттаял грунт.

Если фундаменты зданий и сооружений эксплуатируются в условиях вечной мерзлоты, то разработку грунта в котлованах и траншеях необходимо производить при устойчивой среднесуточной температуре воздуха ниже 0 °С. В тех случаях, когда разработка грунта производится при положительной температуре, должны быть приняты меры по защите основания от оттаивания.

3.34. Способы оттаивания мерзлого грунта

Оттаивание мерзлого грунта производят при небольших объемах земляных работ. В качестве теплоносителя применяют пар, горячую воду и электрический ток.

Оттаивание грунта паром ведут с помощью **паровых игл,** устанавливаемых в пробуренные скважины на площади будущего котлована рядами, в шахматном порядке с расстоянием между ними 1...1,5 м на глубину $0,8h_{пр}$ (рис. 3.67, *а*), где $h_{пр}$ — глубина промерзания грунта. На строительную площадку пар поступает по магистральному паропроводу от передвижной котельной установки (если отсутствует централизованное снабжение паром). Из разводящих паропроводов пар идет к паровым иглам *4,* сделанным из газовых труб диаметром 25 мм. Паровая игла заканчивается перфорированным конусным наконечником *5* с нижним отверстием для выхода пара. По мере оттаивания мерзлого грунта рабочий, поворачивая паровую иглу с помощью рукояток *1,* разрабатывает резцами *6* талый грунт и погружает иглу на нужную глубину. Чтобы исключить возможность ожогов рук рабочего паром и выход его в атмосферу, вокруг скважины устанавливают сборный колпак *2.* Для уменьшения теплопотерь в атмосферу колпак сверху покрывают опилками *3.* Оттаивание мерзлого грунта паровыми иглами ведут с перерывами 1...1,5 ч при общей продолжительности 2...3 ч в песчаных грунтах и 3...5 ч в суглинистых и глинистых грунтах. Радиус оттаивания грунта r_0 принимают в среднем 0,5...0,75 м, что зависит от вида грунта, его влажности и глубины промерзания. Недостаток: дороговизна (1...1,4 руб/м³); большой расход пара (в среднем 15...20 кг/ч); пар, конденсируясь в затрубном пространстве скважины, увлажняет грунт; необходимо иметь паровой котел с утепленными паропроводами.

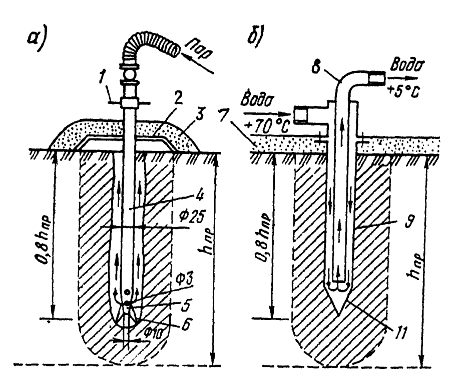


Рис. 3.67. Оттаивание мерзлого грунта:
а — паровая игла; *б* — водяная игла

Мерзлый грунт можно оттаивать с помощью **водяных игл,** размещаемых по площади будущего котлована аналогично паровым на расстоянии друг от друга 0,75...1,5 м, что зависит от вида грунта и требуемой скорости его оттаива-

ния. Водяная циркуляционная игла ВНИИОМСа (рис. 3.67, *б*) состоит из двух труб: наружной *9* с заостренным наконечником *10* и внутренней *8*. По наружной трубе подается вода с температурой 70 °С, а по внутренней отводится охлажденная вода к передвижной котельной установке. Горячая вода, циркулируя между стенками наружной и внутренней трубы, отдает теплоту промерзшему грунту. Для уменьшения тепловых потерь в атмосферу поверхность оттаиваемого грунта покрывают слоем опилок *7*. Достоинства: грунт не увлажняется как при оттаивании с помощью паровых игл; КПД несколько выше по сравнению с предыдущим способом, поскольку вода, пройдя циркуляционные иглы, возвращается в котел с положительной температурой. Недостатки двух описанных способов: трудоемкость (при монтаже, демонтаже и утеплении трубопроводов), металлоемкость и громоздкость.

Наиболее простым способом является **электропрогрев,** не требующий дорогого и металлоемкого оборудования. Электропрогрев мерзлого грунта осуществляют глубинными и поверхностными электродами, электроиглами, трубчатыми электронагревателями (ТЭНами), коаксиальными нагревателями и электротепляками. С помощью глубинных вертикальных электродов мерзлый грунт можно оттаивать двумя способами: снизу вверх и сверху вниз.

При оттаивании грунта **снизу вверх** (рис. 3.68, *а*) электроды устанавливают в пробуренные скважины на такую глубину, чтобы их концы заходили в талый грунт на 15...20 см. Электроды изготовляют из металлических стержней диаметром 12...16 мм, что зависит от глубины промерзания грунта. По проводам *3* переменный ток проходит между электродами по талому грунту *1* и выделяет теплоту, которая послойно (I, II, III и т. д.) оттаивает мерзлый грунт *2* снизу вверх. При этом способе тепловые потери в атмосферу уменьшаются, так как оттаивание происходит под прикрытием сверху расположенного слоя мерзлого грунта.

По способу оттаивания грунта **сверху вниз** (рис. 3.68, *б*) электроды *4* сначала устанавливают в отверстия глубиной 20...30 см и прогрев длится до 5 ч. По мере оттаивания верхнего слоя грунта электроды путем их подбивки погружают на такую же глубину и прогрев повторяется. Поярусное оттаивание грунта сверху вниз (I, II, III и т. д.) с одновременным опусканием электродов продолжают до талого грунта. В зависимости от применяемого напряжения, вида грунта и глубины его промерзания расстояние между электродами принимают 40...80 см. Для лучшей токопроводности между электродами на поверхность грунта укладывают

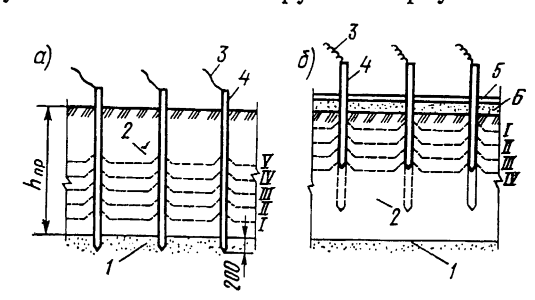


Рис. 3.68. Оттаивание грунта глубинными электродами:
а — снизу вверх; *б* — сверху вниз

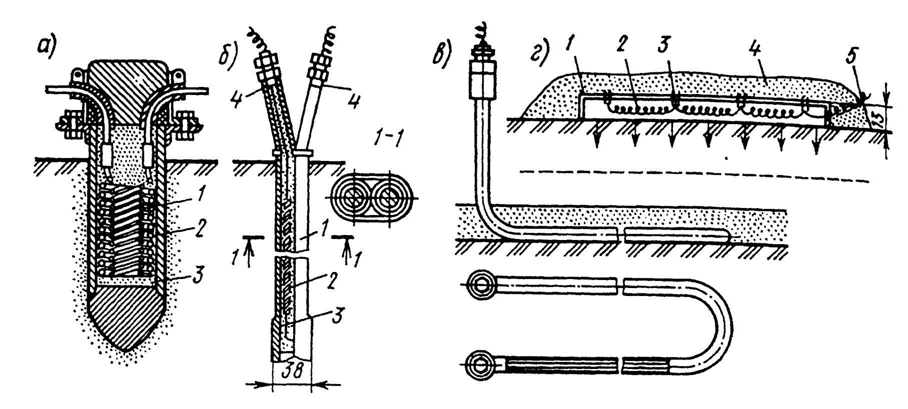


Рис. 3.69. Оттаивание мерзлого грунта:
а — электроиглами; *б* — глубинными трубчатыми электронагревателями (ТЭН); *в* — поверхностными трубчатыми электронагревателями; *г* — электротепляк

опилки *6*, смоченные раствором поваренной соли или хлористого кальция. Опилки сверху покрывают пергамином *5*.

При оттаивании 1 м^3 мерзлого грунта по способу снизу вверх расход электроэнергии составляет 12...24 кВт·ч; по способу сверху вниз — 18...44 кВт·ч.

Мерзлый грунт можно оттаивать с применением **электроигл** (рис. 3.69, *а*). Основным элементом электроиглы является металлическая труба *2*, внутри которой вмонтирована нихромовая спираль *1*. Для бо́льшей аккумуляции теплоты и лучшей теплоотдачи пространство между стенками трубы и спиралью (намотанной на диэлектрический сердечник) засыпано мелким песком *3*. Электроиглы устанавливают на глубину 0,8 от величины промерзания грунта на расстоянии друг от друга до 1,2 м.

Для оттаивания мерзлого грунта часто применяют трубчатые электронагреватели (ТЭНы). Устраивают их из двойной или одинарной стальной трубы *1* (рис. 3.69, *б*) диаметром 13...18 мм, внутри которой в плавленой окиси меди (периклаз) запрессована нихромовая спираль *2*, соединенная с контактным стержнем *3*, выходящим наружу через изолятор *4*. Мощность нагревателя 1 кВт, напряжение 220 В, гарантийный срок службы 3000 ч. ТЭН свободно устанавливают в вертикально пробуренные шпуры диаметром 100 мм на глубину 0,8 от величины промерзания грунта и на расстоянии 0,9...1,5 м друг от друга. Сверху поверхность оттаиваемого грунта утепляют.

При небольшой глубине промерзания грунта используют петлевые нагревательные приборы. Петлевую часть трубчатого электронагревателя укладывают горизонтально на поверхность мерзлого грунта, а сверху накрывают коробом или слоем шлака (рис. 3.69, *в*).

В зависимости от глубины промерзания, вида и влажности грунта оттаивание целесообразно производить двумя циклами, каждый из которых состоит из прогрева ТЭНами (8 ч) и термосного выдер-

живания (4 ч). При таком режиме для оттаивания 1 м^3 грунта расход электроэнергии составляет 10...14 кВт·ч.

С помощью **электротепляков** (рис. 3.69, г) производят местный обогрев грунта небольшого объема и при малой толщине промерзания. Электротепляк состоит из кожуха 1 и спирали сопротивления *2*. Кожух устраивают из двух коробов, между которыми проложен слой войлока толщиной 2,5 см, изолированный двумя слоями асбеста. К городской сети электротепляк подсоединяют с помощью изолированных проводов *5*, проходящих через фарфоровые втулки *3*. Вместо нихромовой или фехралевой проволоки в электротепляке может быть установлен ТЭН. Электротепляки размером в плане 1×1 м, высотой 13 см устанавливают на расстоянии 40 см друг от друга и 20 см от бровки будущего котлована или траншеи. При прогреве грунта до 60 °С средний расход электроэнергии составляет 35...40 кВт·ч на 1 м^3 мерзлого грунта. Для уменьшения тепловых потерь в атмосферу электротепляки и всю площадь отогреваемого грунта покрывают слоем опилок *4* толщиной 20...30 см.

3.35. Охрана труда

До начала производства земляных работ необходимо установить точное размещение всех видов действующих подземных сетей. Вблизи них разработку грунта можно вести только с письменного разрешения организации, в чьем ведении находится тот или иной вид подземной сети. При этом особое внимание должно быть обращено на расположение электрокабелей, около которых разработка грунта должна выполняться под наблюдением производителя работ или мастера, а также представителя организации, эксплуатирующей кабельные сети. Разработку грунта ведут без применения ударных инструментов*.

Если в области выемки обнаружены подземные сооружения, не указанные в проекте, земляные работы необходимо приостановить до выяснения их назначения. Нельзя вести земляные работы при появлении в выемках вредных газов.

Для спуска в котлованы и широкие траншеи необходимо устраивать стремянки шириной не менее 0,75 м, а спуск в узкие траншеи осуществлять по приставным лестницам. Котлованы или траншеи, разрабатываемые на городских улицах, площадях и территории эксплатируемых кварталов, должны быть ограждены и иметь соответствующие надписи и знаки, а в ночное время сигнальное освещение. Разрабатываемый грунт в котлованах или траншеях отсыпают в насыпь не ближе 0,5 м от бровки выемки. В выемках не разрешается разработка грунта способом подкопа (подбоя).

При разработке грунта в зимнее время траншеи и котлованы разрешаются устраивать с вертикальными стенками на глубину

---

* Для предохранения подземных коммуникаций от повреждения при разработке грунта экскаваторами в странах Западной Европы и США применяют пластиковые ленты яркого цвета толщиной 0,15 и шириной 40 мм, которые укладывают над трубопроводами на половине глубины траншеи.

промерзания грунта без креплений, а ниже — с креплением. Вертикальные стенки траншей и котлованов, устроенных в зимнее время, должны быть закреплены с наступлением оттепели, при наличии длительных атмосферных осадков или после оттаивания грунта в тепляке. Площадь будущего котлована или траншеи, на которой производится электропрогрев грунта, должна иметь ограждение, предупредительные сигналы и освещение в ночное время.

Все землеройные машины необходимо оборудовать звуковой сигнализацией. Путь движения экскаватора должен быть спланирован. При движении одноковшового экскаватора стрелу его следует установить по оси пути, а ковш приподнять над землей на 0,5...0,7 м. Запрещается передвижение экскаватора с нагруженным ковшом.

При работе экскаватора запрещается: находиться рабочим под его ковшом или стрелой, производить какие-либо другие работы со стороны забоя, пребывать посторонним лицам в радиусе действия экскаватора +5 м. Во время перерывов в работе стрелу одноковшового экскаватора следует отвести в сторону от забоя, а ковш опустить на грунт. Погрузку грунта на автосамосвалы экскавтором производят со стороны заднего или бокового борта автомобиля. Во время погрузки грунта запрещается рабочим находиться между экскаватором и автосамосвалом.

Тракторные скреперы могут перемещаться вдоль откоса выемки на расстоянии не менее 0,5 м, а вдоль откоса свежеотсыпанной насыпи — на расстоянии не менее 1 м. Запрещается перемещать грунт бульдозером на подъеме или спуске с уклоном более 30°.

При разработке грунта способом гидромеханизации запрещается находиться посторонним лицам на территории производства работ, а рабочим — в зоне действия струи гидромонитора. Рабочая зона гидромонитора ограждается с установкой предупредительных знаков. Рабочие, управляющие гидромониторами, должны иметь надежную связь и средства аварийной сигнализации с насосной станцией. Сверху забоя необходимо обозначить особыми знаками границу возможного обрушения грунта в пределах 3...4-дневной выработки гидромонитора. Нахождение людей в пределах этой зоны недопустимо. Рабочее место гидромониторщика, зона действия струи воды, путь движения к аварийной задвижке (устанавливаемой на расстоянии не более 10 м от рабочего места гидромониторщика) в ночное время должны быть хорошо освещены.

Запрещается находиться и проходить под эстакадами, а также подтягивать болты на соединениях трубопровода, находящихся под давлением. Территория намытого грунта должна быть ограждена, а выход на нее возможен только с разрешения производителя работ. Землесосные снаряды снабжают спасательными, противопожарными и водоотливными средствами. При температуре наружного воздуха ниже 0 °С работа гидромонитора или землесосного снаряда должна быть непрерывна. В зимнее время для создания рабочим благоприятных условий на насосных станциях и земснарядах устанавливают обогревательные устройства.

Разработку грунта закрытым способом можно вести при наличии утвержденного проекта, в котором указывают способы водопонижения, вентиляции выработок, мероприятия по сохранению существующих подземных коммуникаций, надземных зданий и сооружений, а также по быстрому выводу людей из подземных выработок в случае аварии.

Подземные выработки длиной 15 м, а также вертикальные стволы глубиной более 5 м оборудуют электрической, звуковой сигнализацией или телефонной связью с дублированием ее световой сигнализацией. Естественное проветривание горизонтальных проходок допускается длиной до 45 м, если при контроле газоанализатором не будет обнаружено в тоннеле или коллекторе вредных газов. Если в тоннеле обнаружены вредные газы, работы немедленно прекращаются, а люди выводятся из выработки.

При глубине вертикального ствола до 10 м спуск людей в подземную выработку производится в специальном отделении, оборудованном лестницами с перилами и лазами со сплошной обшивкой из досок или стальной сетки. Если глубина вертикального ствола превышает 10 м, то необходимо обеспечить механический спуск и подъем рабочих. Крепление стен вертикального ствола должно возвышаться над уровнем земли не менее 0,5 м. Сверху крепления ствола устраивают сплошной прочный настил.

Не выше 4 м от забоя ствола устраивают предохранительный полок, защищающий рабочих от случайного падения предметов сверху. Для устройства подземных коллекторов и тоннелей нельзя применять щиты диаметром менее 2 м. При щитовой проходке разработка грунта допускается только в пределах козырька щита. Разработку грунта разрешается вести лишь после приемки щита в эксплуатацию комиссией с составлением акта о его полной исправности. Передвижение щита производится в присутствии и под руководством сменного мастера на расстояние не более длины кольца блочной обделки.

При горизонтальном продавливании труб пребывание рабочих в них разрешается, если диаметр трубы не менее 1200 мм и длина участка не более 40 м. Непрерывное пребывание рабочего в трубе не должно превышать 1 ч, а интервалы между рабочими циклами — не менее 30 мин. Разработка грунта в забое запрещается за пределами режущего ножа и ведется при заполнении концов трубы грунтом не менее, чем на длину ножа. При продавливании трубы в водонасыщенном грунте устраивают в ножевом звене аварийный затвор, предотвращающий прорыв воды в трубу.

Вдоль подземной выработки, сбоку от рельсовых путей или конвейера устраивают хорошо освещенный проход шириной не менее 70 см. При ручной откатке скорость движения вагонеток по горизонтальному пути не должна превышать 4 км/ч, а продольный уклон пути — не более 0,02. В подземных выработках для сетей освещения и сигнализации допускается напряжение не более 36 В, а при работе в стесненных и влажных условиях — не выше 12 В.

Глава 4. БУРОВЫЕ РАБОТЫ

4.1. Общие сведения

В городском строительстве буровые работы выполняются: при инженерно-геологическом изыскании грунтов; устройстве буронабивных и камуфлетных свай; шпуров (при взрывных работах, оттаивании и замораживании грунтов, искусственном понижении уровня грунтовых вод); скважин водоснабжения, а также — ям при установке столбов уличного освещения, светофоров, указательных знаков, оград, посадке деревьев, кустарников и т. д.

Скважины — это отверстия в грунте диаметром более 75 мм и глубиной более 5 м. *Шпуры* — отверстия в грунте диаметром до 75 мм и глубиной менее 5 м. Верхняя часть скважины называется устьем, а нижняя — забоем.

При устройстве скважин применяют следующие способы бурения: ударно-канатный, вращательный, ударно-вращательный, вибровращательный, термический, электрогидравлический и гидравлический.

4.2. Ударно-канатное бурение

При ударно-канатном бурении буровой инструмент — долото *1* (рис. 4.1, *а*) — крепят к штанге *2*, которая с помощью канатного замка *3* подвешивается к тросу. Головная часть долота имеет коронку-резец *8*, стержень *6*, выемку *5* для ключа (при сборке и разборке бурового инструмента) и желобок *7*. Долото крепят к штанге с помощью резьбового соединения *4*. Конструкция и размер долота зависят от прочности породы и диаметра шпура или скважины. Долота бывают зубильной (рис. 4.1, *а*), крестовой (рис. 4.1, *б*) и фасонной форм.

Рис. 4.1. Буровой инструмент

Шлам из скважины в водонасыщенных грунтах удаляют с помощью поршневой желонки (рис. 4.1, *в*), состоящей из полого цилиндра *9* диаметром 125...150 мм, скобы *10*, седла *12* и полусферического клапана *11* с хвостовиком *13*. Когда желонка опускается в скважину, хвостовик упирается в дно забоя, открывает клапан и желонка заполняется шламом. При подъеме желонки клапан закрывается под воздействием собственного веса хвостовика. Чистка скважины от шлама желонкой начинается на глубине 2... 2,5 м от поверхности земли, а в последующем — через каждые 1,5...2 м в мягких породах и через 0,6...0,8 м — при бурении крепких пород.

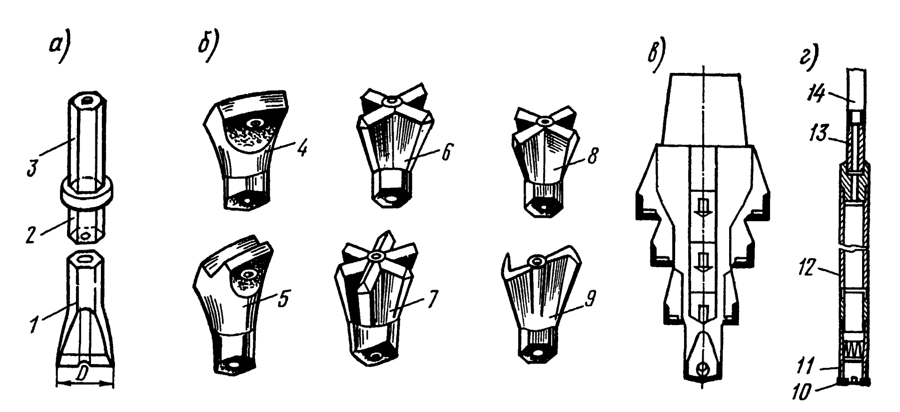


Рис. 4.2. Устройство буров:
а — бур; *б, в* — коронки бура; *г* — буровая колонка

Скважины устраивают с помощью бурильных пневмомолотков, телескопических бурильных молотков и погруженных пневмоударников. Пневмомолоток для ударного бурения подвешивают к стальному канату и опускают в скважину. Под воздействием сжатого воздуха, подаваемого по резиновому шлангу или полой штанге, пневмоударник совершает возвратно-поступательные движения и наносит удары по хвостовику бура. Бур (рис. 4.2, *а*) состоит из коронки *1*, штанги (стержня) *2* и хвостовика *3*. Стержни буров имеют шестигранное сечение и изготовляются из обычной углеродистой стали, а коронки буров — из легированной стали или армируются твердыми сплавами. Конструкция и форма коронки бура (рис. 4.2, *б*) зависят от прочности буримой породы. Для бурения мягких и средней крепости нетрещиноватых пород применяют однодолотчатые коронки 4, для бурения трещиноватых и вязких пород — двухдолотчатые *5*, крестовые *6*, звездообразные *7* и Х-образные *8*, а для бурения пород средней крепости с незначительной трещиноватостью — *Z*-образные коронки *9*. Бурение весьма крепких пород производят с применением коронок со смещенными лезвиями.

Для повышения производительности и срока службы рабочего органа используют буры со съемными коронками из легированной стали или армированные буры (рис. 4.2, *в*), т. е. коронки с пластинками из твердого сплава (вольфрамовые, металлокерамические — при бурении с вибрацией пород средней крепости и весьма крепких пород).

С помощью станков глубокого ударно-канатного бурения устраивают скважины глубиной 50...500 м, диаметром 154...910 мм. Станок ударно-канатного бурения (рис. 4.3) состоит из рамы, мачты *12*, подъемного и желоночного барабанов, долбежного устройства и бурового снаряда.

Долото *1* со штангой *2* с помощью замка *3* подвешено к канату *4*, который проходит через верхний *5*, оттяжной *7*, вспомогательный *8* блоки и далее идет к барабану лебедки *11*. Получая вращение от

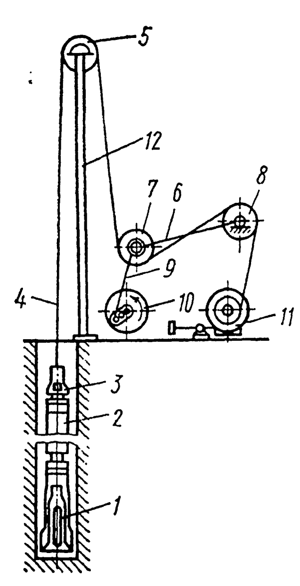


Рис. 4.3. Станок ударно-канатного бурения УКС-22М

ударного вала, кривошипный механизм *10* через шатун *9* передает непрерывные колебательные движения балансиру *6*, который и производит попеременно то натяжение каната с подъемом бурового снаряда, то его ослабление с опусканием снаряда для разрушения горной породы. К станку ударно-канатного бурения прилагается комплект рабочих и ловильных инструментов, предназначенных для удаления из скважины оторвавшегося каната, инструмента и других предметов.

Для повышения производительности буровой установки в скважину периодически подают раствор, который уменьшает сопротивление разрушаемого грунта и охлаждает коронку бура. Мокрый способ удаления шлама из скважины (с помощью желонки) создает благоприятные условия для рабочих. При сухом способе шлам удаляют из скважины сжатым воздухом, наносящим пыль на поверхность земли. Для борьбы с пылью при бурении применяют специальные пылеотсасывающие устройства, фильтры, аппараты-пенообразователи, поглощающие пыль, и т. д.

До начала бурения станок устанавливают на спланированную площадку и выверяют установочными домкратами. Над устьем будущей скважины в небольшой лунке располагают направляющую трубу, внутрь которой опускают бур, и на глубине 1,2 м начинают забуривание скважины при замедленных ударах. Когда головка долота опустится ниже устья забоя, направляющую трубу извлекают с помощью талевого или желоночного каната. Дальнейшее бурение производят в обычном порядке. Станки ударно-канатного бурения производят 40...68 ударов в минуту, поднимая снаряд в забое на высоту 0,5...1 м. Производительность бурения в породах средней крепости 10...20 м/смен. При устройстве глубоких скважин в несвязных грунтах по мере бурения опускается обсадная труба или скважина заполняется глинистым раствором, заполняющим поры грунта и исключающим его обвал.

4.3. Вращательное, ударно-вращательное и вибровращательное бурение

Вращательное бурение скважин осуществляют станками, в которых буровой инструмент вместе со штангой непрерывно вращается и под воздействием внешней нагрузки погружается в породу. Станки вращательного бурения БС-110-25, СВБ-2, БСВ-2 и т. д. применяют для получения скважин глубиной до 25 м, диаметром

соответственно 110, 150 и 225 мм. Производительность станков вращательного бурения в 3...4 раза больше, чем станков ударно-канатного бурения и составляет в породах средней крепости 40... 50 м/смен. Станок вращательного бурения БС-110-25 применяют для бурения только вертикальных скважин, а самоходные станки на гусеничном ходу СВБ-2 и БТС-2 — для бурения вертикальных, горизонтальных и наклонных скважин под углом до 30° к вертикали.

Для устройства шпуров диаметром 50 мм и глубиной до 1,3 м в мерзлых и слабых скальных грунтах используют станок ПКУ, состоящий из трубчатой станины *4,* ручной лебедки *1* для подъема и опускания электродвигателя *2* и бурового инструмента *3,* имеющего штангу и резец. Станок обслуживают машинист и его помощник.

Шпуры небольшой глубины устраивают с применением электрических и пневматических ручных горных сверл, а при малых объемах работ — с помощью ручного бура. Шпуры в мерзлых и скальных грунтах V...VIII групп получают буровыми двухшпиндельными машинами С-1035 и БМ-276, смонтированными на тракторе Т-100М. Машина БМ-276 имеет трехшарошечное штыревое долото и пробуривает в грунтах V...VIII группы 120 м/смен.

Бурение скважин производят при устройстве буронабивных свай глубокого заложения (до 30 м). Для этой цели применяют установки СО-1200, САС-1200, УБС-1, МБС-1,7 (оснащенные роторной желонкой), а также буровые станки УРБ-ЗАМ (при изготовлении свай под глинистым раствором) и УГБХ-150 (при изготовлении свай «сухим» способом). Бурение выполняют специальной головкой СО-500/1600, смонтированной на копровой стреле и подвешенной к крану экскаватора Э-1252 (рис. 4.4).

В комплект бурового инструмента входит: телескопическая колонна со сменной шнековой частью длиной 10 м, диаметром 500... 600 мм, буровая колонка и механический расширитель, применяемый для устройства набивных свай с уширенным основанием. Расширитель имеет раздвижные ножи пантографного типа, прикрепленные в нижней части штанги к цилиндрической бадье длиной 800 мм, предназначенной для сбора грунта при разбуривании уширения. Когда скважина пробурена на проектную глубину, нижнюю секцию шнека с коронкой заменяют расширителем и начинают разбуривание уширенной полости скважины. Ножи расширителя, упираясь в дно скважины, раздвигаются под действием собственного веса буровой колонны и при вращении их срезается грунт в уширенной части скважины. Срезанный грунт поступает в бадью, которая вместе с расширителем извлекается из скважины. Подчистку забоя скважины от осыпавшегося грунта производят с помощью специальных торцовых ножей бадьи.

Ямы для столбов уличного освещения, установки дорожных знаков и т. д. устраивают ямобурами, смонтированными на базе автомобиля или трактора. Ямобур Б-450 (рис. 4.5), установленный на тракторе ДТ-54, может бурить ямы диаметром 450 мм, глубиной

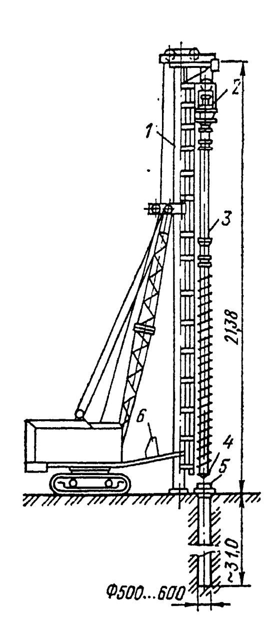


Рис. 4.4. Устройство глубоких скважин буровой установкой на базе крана-экскаватора:
1 — трубчатая копровая стрела; *2* — буровая головка СО-500/1600; *3* — буровая телескопическая колонна; *4* — буровая колонка; *5* — перехват штанги; *6* — щит контроля

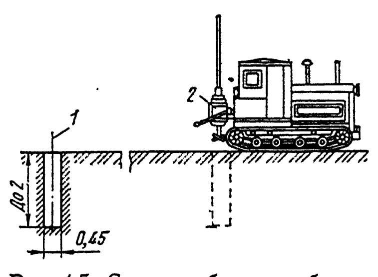


Рис. 4.5. Схема работы ямобура:
1 — ось ямы; *2* — ямобур, установленный на тракторе ДТ-54

до 2 м. Бур-столбостав Д-578, смонтированный на тракторе «Беларусь», не только бурит ямы диаметром 500 мм и глубиной 1,7 м, но и устанавливает столбы массой до 700 кг и высотой 12 м. Автомобиль или трактор с ямобуром располагаются горизонтально, а буровой инструмент — вертикально и точно по оси будущей ямы. Бурение ям глубиной до 2 м ведут поэтапно, т. е. с подъемом бура и очищением его от грунта после проходки на глубину 0,8; 1,5 и 2 м.

Колонковое бурение осуществляют станками КА-2М-300 и КАМ-500 при устройстве глубоких скважин (до 500 м) как сплошным забоем (с разрушением породы по всей площади скважины), так и с ненарушенной структурой. В последнем случае при вращении буровой колонки пробуривают лишь кольцо в грунте, образующее контур скважины. Неразрыхленный земляной цилиндр—керн заполняет внутреннюю часть колонки. Таким способом можно получить грунт для геологического исследования с любой глубины скважины. Буровая колонка (см. рис. 4.2, *г*) состоит из кольцевой коронки *11*, колонковой трубы *12* и керноотрывателя. Нижняя часть колонки имеет пластины *10* из металлокерамических сплавов или оборудуется алмазами для бурения твердых пород. Крепят буровую колонку к вращающейся штанге *14* с помощью переходной муфты *13*. При взятии проб грунта в твердых породах бурение выполняют с применением дробовых коронок.

При бурении скважины сплошным забоем удаление разрушенной породы производят совместно с глинистым раствором, который нагнетают по полой штанге. Глинистый раствор, поднимаясь на поверхность земли вместе с частицами размельченной породы (шла-

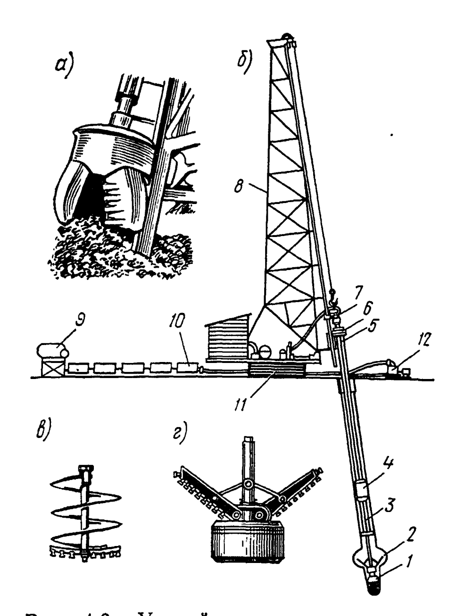


Рис. 4.6. Устройство скважин с уширенным основанием:

а — разгрузка фрезы бурового станка; *б* — станок ЦНИИСа; *в* — шнековый бур; *г* — уширитель

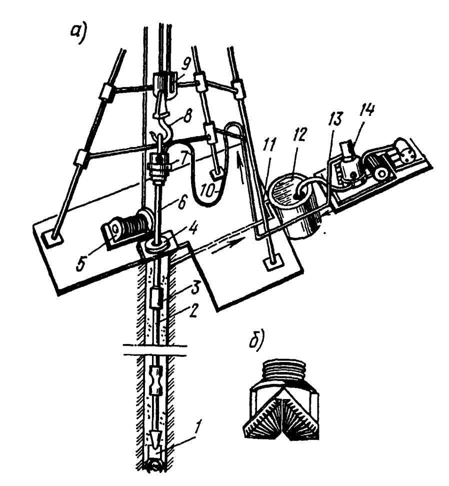


Рис. 4.7. Схема установки роторного бурения:

а — общий вид установки; *1* — долото; *2* — бурильная труба; *3* — соединительная муфта; *4* — стол ротора; *5* — лебедка для подъема талевого блока; *6* — рабочая труба; *7* — вертлюг; *8* — крюк для подвешивания трубы; *9* — талевый блок; *10* — шланг; *11* — желоб для возврата шлака из скважины в бак; *12* — бак; *13* — напорный трубопровод; *14* — насос с двигателем для подачи в скважину глинистого раствора; *б* — шарошечное долото

мом), проходит систему лотков или попадает в отстойник, где твердые частицы осаждаются на дно, а вода повторно используется для приготовления глинистого раствора в глиносмесителе.

Для бурения скважин диаметром 150 мм, глубиной до 23 м применяют машину БТС-150, смонтированную на базе трактора Т-100М. Буровая установка состоит из штанг с шарошечным долотом или шнеком. Наращивание и разборка бурового станка механизированы и осуществляются с помощью специальной кассеты. Удаление из скважины размельченной породы и пыли производят сжатым воздухом со сбором их в пылеосадительной камере.

Скважины диаметром до 1,5 м, глубиной до 25 м с уширенным основанием диаметром до 3 м устраивают для опор мостов буровым станком ЦНИИСа (рис. 4.6, *б*). Буровой механизм навешен на стрелу *8* копра. Внизу он имеет фрезу *1*, уширитель *2*, приводную колонку *3*, цилиндрическую направляющую *4*, ротор *6*, роторную площадку *5*, наголовник *7* и пульт управления *11*. В комплект оборудования станка входит бункер с бетонопроводной трубой, глиносмеситель *9* для приготовления раствора, бак *10* для раствора и насос *12* для нагнетания глинистого раствора в скважину. Основ-

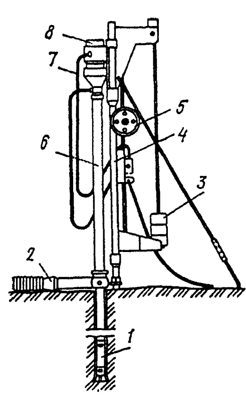


Рис. 4.8. Схема станка ударно-вращательного бурения

ным рабочим органом является фреза, которая срезает и собирает грунт при устройстве скважины, а при разбуривании уширения используется как емкость для грунта. В рабочем положении четыре режущие створки фрезы сомкнуты таким образом, что между ними образуются щели, через которые в полость фрезы при ее вращении поступает грунт. Разгрузку фрезы от грунта производят при раскрытии створок (рис. 4.6, *б*).

Уширение в скважине ведут специальным уширителем, который сделан в виде стойки с двумя шарнирно закрепленными ножами, раскрывающимися с помощью гидропривода. Приводная колонка (штанга) передает вращение от ротора фрезе и уширителю. Собирается она из отдельных секций длиной 5...10 м. Для фиксации бурового механизма в центре устраиваемой скважины на приводной колонке имеется цилиндрическая направляющая. Работу бурового механизма регулируют с пульта управления. Буровая вышка *8* высотой 30 м перемещается по рельсовому пути с шириной колеи 4,88 м. Средняя производительность станка: в песчаных грунтах 2 м/ч, а в глинистых — 1,5 м/ч.

Скважины диаметром до 1,7 м, глубиной до 32 м устраивают буровой установкой МБС-1,7, а с применением шнекового бура (рис. 4.6, *в*) или уширителя (рис. 4.6, *г*) основание сваи может быть увеличено до 3,5 м. Достоинство такой установки состоит в том, что после разработки грунта изготовляют буронабивную сваю по способу вертикально перемещающейся трубы (ВПТ).

С помощью машины БУК-600 в грунтах I...IV категории бурят скважины диаметром 600 мм, глубиной до 15 м. Производительность установки в глинистых и песчаных грунтах 35 м/ч.

Роторное бурение является разновидностью вращательного и применяется для устройства скважин с начальным диаметром 300...450 мм, глубиной 150...1200 м. Станки роторного бурения (рис. 4.7, *а*) монтируют на автомобилях, прицепах или перемещаемых вышках. В комплект станка входит буровая установка и оборудование для промывки скважины глинистым раствором. При бурении пород средней твердости применяют трубы с наконечниками режущего типа, а в твердых и очень твердых породах — наконечники шарошечного типа (рис. 4.7, *б*). При вращении бурильной трубы шарошки, свободно вращаясь на опорах, перекатываются по забою и своими зубьями разрушают породу.

Ударно-вращательное бурение выполняют с одновременным использованием удара и вращения бурового инструмента. Ударное действие производит пневмоударник 1 (рис. 4.8), а буровая штанга 6 вращается специальным механизмом *8*, состоящим из планетарного редуктора и электродвигателя. Давление на бур пневмоударника регулируется противовесом 3 с использованием для этого ле-

бедки *5*. Электроэнергия к двигателю поступает по кабелю *7*, а сжатый воздух или вода, необходимая для охлаждения бурового инструмента, — по буровой штанге. Измельченная горная порода выносится из скважины потоком нагнетаемой в нее воды или струей отработанного воздуха и по трубе *2* попадает в обеспыливатель. Все оборудование смонтировано на станке 4. Поскольку этот способ сочетает в себе ударное и вращательное бурение, его применяют для устройства скважин в крепких породах.

Вибровращательное бурение производят под воздействием вибрации, создаваемой вибратором с одновременным вращением бурового инструмента. Вибратор устанавливают в верхней части буровой штанги. Внизу к штанге присоединяют ударную гильзу (трубу длиной 0,4...0,6 м) с заостренной кромкой или многоступенчатое долото (см. рис. 4.2, *в*) с опережающим буром, долотчатой или крестовой формы. Выступающие части долота для повышения срока службы армируют пластинками из твердого сплава ВК-5. Сочетание вибрации с вращением бурового инструмента позволяет повысить производительность вибровращательного бурения по сравнению с вращательным. Станки вибровращательного бурения УВБ-25А при устройстве в скальных породах скважин диаметром 150 мм, глубиной 25...30 м имеют скорость проходки 1,8...18 м/ч, а установка ВБУ-2 (смонтированная на грузовом автомобиле) пробуривает скважины в нескальных грунтах на глубину до 20 м со скоростью 2...5 м/мин.

4.4. Термический, электрогидравлический и гидравлический способы устройства скважин

Термический способ устройства шпуров основан на прожигании породы высокотемпературной плотной газовой струей, выходящей со сверхзвуковой скоростью из сопла огнеструйной горелки. Прожигание целесообразно производить в кремнеземистых, кварцевых и мерзлых грунтах. Для получения высокотемпературной газовой струи используют распыленный керосин и газообразный кислород, которые подаются в огнеструйную горелку автоматической установкой под давлением 0,7 МПа. Под воздействием высокой температуры (до 2000 °С) порода нагревается, увеличивается в объеме, растрескивается и разрушается на мелкие частицы, которые вместе с продуктами сгорания удаляются из скважины струей отходящих газов. Шпуры диаметром 32...35 мм, глубиной 1...1,2 м в крепких горных породах бурят ручным воздушно-кислородным термобуром ТВК-27. Скорость термического бурения таких шпуров до 10 м/ч. Производительность в 8...10 раз больше, чем производительность станков механического бурения.

При устройстве шпуров бурильными пневматическими молотками (перфораторами) выделяется силикозоопасная пыль, а большая вибрация вызывает профессиональное заболевание бурильщика. Большая масса перфоратора (до 32 кг) затрудняет передвижение бурильщика в рабочей зоне. При термическом способе бурения эти недостатки устраняются.

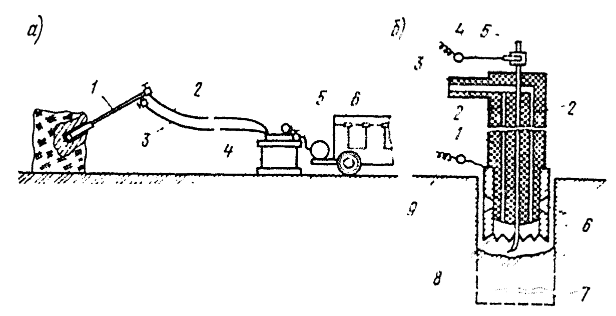


Рис. 4.9. Разновидности бурения

Взрывной способ применяют при разработке в карьерах гранита, песчаника, кварцита, гнейса и других скальных пород. После взрыва остаются большие (негабаритные) куски (15...25 % от общего объема), которые необходимо дробить на более мелкие части. Для этой цели целесообразно применять ручной бензовоздушный термобур ТБВ-50 (рис. 4.9, *а*). При его работе от компрессорной установки *6* по шлангу *5* воздух подается под давлением 0,5 МПа к топливному баку *4*, из которого к термобуру *1* по шлангу *2* поступает сжатый воздух, а по шлангу 3 — бензин. В завихрителе бензин перемешивается с воздухом и при выходе из сопла форсунки со скоростью 1200...1300 м/с бензовоздушная смесь сгорает при температуре 1900 °С. Под действием сверхзвуковой высокотемпературной газовой струи в куске породы получается шпур глубиной 0,4...0,8 м. Затем на 2...3 мин работа термобура прекращается и производится прогрев породы. От большого количества сконцентрированной теплоты в глубине шпура возникают температурные напряжения, раскалывающие кусок на 3...4 части.

В мерзлом грунте можно устраивать скважины с использованием струи горячего сжатого воздуха. Подогрев воздуха производится в калориферах, откуда под давлением он поступает в трубку с заостренным перфорированным концом. Шпуры диаметром до 70 мм, глубиной 1,5 м получаются за 3...4 мин.

Для устройства в мерзлых грунтах шпуров диаметром до 75 мм, глубиной 1,5 м применяют ручной термобур РТБ-В2, в котором при сжигании бензина и сжатого воздуха образуется высокотемпературная газовая струя. Масса термобура 9 кг, производительность 15...60 м/ч.

Электрогидравлическое бурение основано на использовании электрогидравлического эффекта Л. А. Юткина, сущность которого заключается в том, что в результате создания высоковольтных электрических разрядов в воде или другой жидкости возникает мгновенное высокое давление (несколько сот и тысяч атмосфер). В результате в жидкости образуется смыкающая полость, вызывающая второй удар, называемый кавитационным. Если в зоне высоковольтных электрических разрядов поместить горную породу, то под воздействием многократно повторяющихся ударов она разрушает-

ся. Это явление используют для устройства скважин *7* с помощью электрогидравлического бура (рис. 4.9, *б*), состоящего из цилиндра с изоляцией *1*, внутри которого расположены каналы *2* для пропуска воды, поступающей по трубе *3*. Один электрод *5* установлен в центре цилиндра, а второй представлен зубчатой коронкой *8*. К центральному электроду ток подводится по проводу *4*, а к коронке — по проводу 9. Пропуская электрический ток высокого напряжения между отогнутым концом центрального электрода и зубьями коронки, происходит разряд под водой, сопровождающийся мощными электрогидравлическими ударами, дробящими породу. Выход газов осуществляется через отверстия *6* в нижней части коронки. Для равномерной разработки породы по всему сечению скважины центральный электрод поворачивается вокруг своей вертикальной оси.

Гидравлический способ устройства скважин основан на использовании ударного действия струи воды, вытекающей из насадки или непосредственно из нижней части трубы (при малых диаметрах). Вода в трубу подается под большим давлением от насосной установки, а размытый грунт выносится по затрубному пространству на поверхность земли. Труба подвешивается к треноге или мачте автомобиля и опускается в грунт по мере его разработки. Гидравлический способ целесообразно применять для устройства скважин глубиной до 8 м в легких суглинках и водонасыщенных грунтах.

4.5. Охрана труда

Все рабочие, занятые на буровых работах, должны пройти специальный инструктаж по безопасному использованию станков и перфораторов. Площадку для установки станков следует спланировать и располагать на прочном основании. Мачты, вышки, треноги должны быть надежно закреплены и обладать надежной устойчивостью. Запрещается бурить на крутых склонах и обрывах без предохранительных поясов. Монтаж, демонтаж или передвижку вышек производят под наблюдением ИТР. Нельзя опускать в скважину буровой инструмент с недовернутыми и незакрепленными винтовыми соединениями.

Посторонним лицам не следует подходить ближе 15 м к устью скважины. В период установки и извлечения обсадных труб, при спуске и подъеме бурового инструмента или ликвидации аварии все рабочие, не принимающие в них участие, должны удалиться в безопасную зону. В темное время суток площадка для бурения должна быть хорошо освещена.

Глава 5. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

5.1. Общие сведения

Взрывные работы используют в строительстве для разработки скальных и мерзлых грунтов, устройства камуфлетных свай, насыпей на болотах, искусственных водоемов, каналов, плотин, для раз-

рушения старых зданий и сооружений, льда в период ледохода (для защиты опор мостов), корчевки пней и т. д. Взрывные работы являются незаменимыми и единственными для ликвидации завалов на горных дорогах, реках, защиты городов от селевых потоков, устройства аварийных (обходных) каналов вокруг городов и поселков.

Взрыв характеризуется мгновенной реакцией разложения неустойчивых химических соединений и механических смесей, называемых взрывчатыми веществами (ВВ). При взрыве ВВ выделяется огромное количество потенциальной энергии в виде газов и теплоты. Сила взрыва зависит от скорости разложения ВВ, температуры и объема образующихся газов. При взрыве процесс разложения ВВ в газы протекает со скоростью нескольких тысяч метров в секунду.

По мощности взрыва ВВ бывают: *повышенной мощности* — гексаген, тетрил, ТНРС, ТЭН, азид свинца; *нормальной мощности* — тол, пироксилин и динамиты; *пониженной мощности* — аммониты, оксиликвиты и порох. При взрывных работах необходимо выбирать ВВ с учетом их стоимости, а также безопасности в период производства, транспортирования и хранения. Этим требованиям лучше всего удовлетворяют оксиликвиты и аммониты, широко применяемые для укладки их в шпуры, скважины и минные камеры.

Аммониты используют в виде порошка или мелких зерен, упакованных в патроны массой 100...300 г. Этот вид ВВ дешевле и безопаснее в работе по сравнению с остальными. Аммониты гигроскопичны и при влажности более 3 % образуют комки, дающие отказ или неполный взрыв. Нормальная влажность аммонитов не более 0,2 %. Оксиликвиты выпускают в брикетах или патронах.

ВВ нормальной мощности применяют для подрывания наружными зарядами инженерных сооружений или отдельных устаревших конструкций. Тол получают в порошкообразном, прессованном и плавленом видах в результате обработки толуола азотной кислотой в присутствии серной кислоты. Толовые шашки в плавленом виде выпускаются размерами: 25×50×100 мм, массой 200 г (малая шашка МШ); 50×50×100 мм, массой 400 г (большая шашка БШ); диаметром 30 мм, высотой 70 мм, массой 75 г (круглая буровая шашка). Все шашки с одной стороны для капсюлей-детонаторов имеют гнезда диаметром 7 мм, глубиной 30 мм. Динамиты применяют для подземных взрывов. Они чувствительны к трению, удару, легко взрываются и возгораются от огня. Гексаген и тетрил применяют главным образом для изготовления капсюлей-детонаторов и детонирующих шнуров.

В зависимости от разрушающего действия на окружающую среду различают ВВ *метательные* (фугасные) и *бризантные* (дробящие). К метательным ВВ относится черный порох, обладающий небольшой скоростью разложения (400...2000 м/с) с медленным образованием газов и постепенным увеличением давления. Этот вид ВВ раскалывает горную породу на куски и отбрасывает их на заданное расстояние. К бризантным ВВ относятся динамит, мелинит, тол и

др., имеющие большую скорость разложения (2000...8500 м/с). Образующийся мгновенный (короткий) удар большой силы дробит горную породу на мелкие куски, но далеко их не разбрасывает.

Для производства взрыва применяют *инициирующие вещества* с весьма высокой скоростью разложения (более 8500 м/с). Они возбуждают начальный ударный импульс, который взрывает основной заряд. Различают инициирующие вещества первичные: гремучая ртуть, азид свинца, ТНРС и вторичные: гексаген, тетрил, ТЭН. Вторичные инициирующие вещества взрываются под воздействием первичных.

5.2. Средства взрывания

Первичное инициирующее вещество разлагается под воздействием пламени, искры или механического удара.

В строительстве наибольшее распространение получили огневой и электрический способы взрыва. Для производства взрыва любым из этих способов необходимо иметь капсюль-детонатор (рис. 5.1, *а*), который изготовляют из бумажной или металлической гильзы *1*, открытой с одного конца. Внутри нее запрессована чашечка *2* с первичным инициирующим веществом *3*, а остальная часть гильзы заполнена вторичным инициирующим ВВ *4*. Поскольку первичное ВВ весьма чувствительно к трению и удару, с внешней стороны оно прикрыто металлической чашечкой, имеющей отверстие *5* для пламени. Закрытая часть гильзы заканчивается кумулятивным углублением. Огнепроводный шнур *6* имеет внутри слабо спресованную пороховую сердцевину *7* с направляющей бумажной нитью. Один конец шнура срезают под углом 45° (для лучшего его поджигания), а другой вставляют в гильзу *1* и закрепляют в ней специальными обжимками. Пороховая сердцевина сверху защищена несколькими оплетками из хлопчатобумажных нитей, пропитанных смоляной мастикой. Выпускают огнепроводный шнур отрезками по 10 м с различной скоростью горения: нормально горящий — 1 см/с и медленно горящий — 0,5 см/с. Первый вид шнура имеет белый цвет оплетки, а второй — желтый.

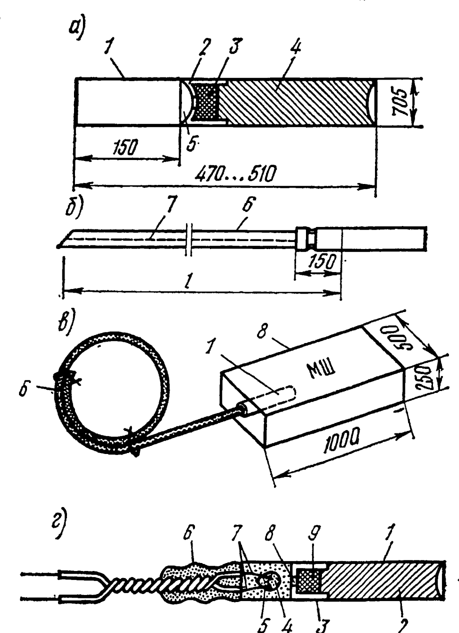


Рис. 5.1. Средства взрывания

Капсюль-детонатор вместе с огнепроводным шнуром называют зажигательной трубкой (рис. 5.1, *б*). Длина огнепроводного шнура зависит от ко-

личества зажигательных трубок, приходящихся на одного взрывника, и расстояния до укрытия. Во всех случаях длина огнепроводного шнура должна быть не менее 1 м и не более 10 м. Зажигательная трубка и капсюль-детонатор, который вставлен в отверстие малой толовой шашки *8*, образуют патрон-боевик (рис. 5.1, *в*), предназначенный для взрыва основного заряда. Для зажигания огнепроводного шнура применяют тлеющий фитиль, зажигательную свечу или зажигательный патрончик. Применять для этой цели спички разрешается только при взрывании одиночного заряда. До начала взрывных работ необходимо проверить скорость горения огнепроводного шнура. Контрольный отрезок огнепроводного шнура нормального горения длиной 500 мм должен сгореть за 50 с.

Во влажных забоях применяют асфальтированный шнур с усиленной изоляцией (пеньковая или джутовая обмотка со смоляной пропиткой), а для взрыва в мокрых забоях и под водой — двойной асфальтированный, гутаперчевый, полихлорвиниловый шнуры.

Взрывные работы с пятью и более зарядами выполняют с применением контрольной зажигательной трубки. Она состоит из капсюля-детонатора с бумажной гильзой и огнепроводного шнура, длина которого на 600 мм меньше длины основных зажигательных трубок. Контрольная трубка поджигается первой и размещается в 5 м от заряда, наиболее удаленного от укрытия. Взрывники должны немедленно удалиться в укрытие после поджигания зажигательных трубок основных зарядов и окончания горения контрольной зажигательной трубки. Учет количества взорвавшихся зарядов ведется в укрытии, что является достоинством огневого способа. Недостатки: невозможно произвести одновременно взрыв большого количества зарядов, так как поджигание огнепроводного шнура производят в различное время; при поджигании огнепроводного шнура взрывнику приходится работать в опасных условиях; при горении огнепроводного шнура выделяются ядовитые газы, вредно влияющие на организм человека.

Электрический способ взрыва не имеет указанных недостатков и позволяет одновременно взрывать большое количество зарядов в точно заданное время; взрывник находится на большом расстоянии от места взрыва, не подвергая себя опасности .Для производства взрыва электрическим способом необходимо иметь электродетонатор, электропровод и источник тока. В практике взрывных работ применяют электродетонаторы мгновенного и замедленного действия. Электродетонатор мгновенного действия (рис. 5.1, *г*) состоит из электровоспламенителя и капсюля-детонатора. Электровоспламенитель накапливания имеет тонкую нихромовую проволоку *5*, соединенную с концами проводов *7*. Нихромовая нить (мостик накаливания) находится в воспламеняющемся составе *4*, горение которого вызывает детонацию инициирующего ВВ *9*. При входе в гильзу провода заделывают пластиковой пробкой *6*. Электродетонатор замедленного действия внутри удлиненной гильзы имеет замедляющий состав, расположенный между мостиком накаливания и капсюлем. Остальные элементы те же, что и в электродетонаторе мгно-

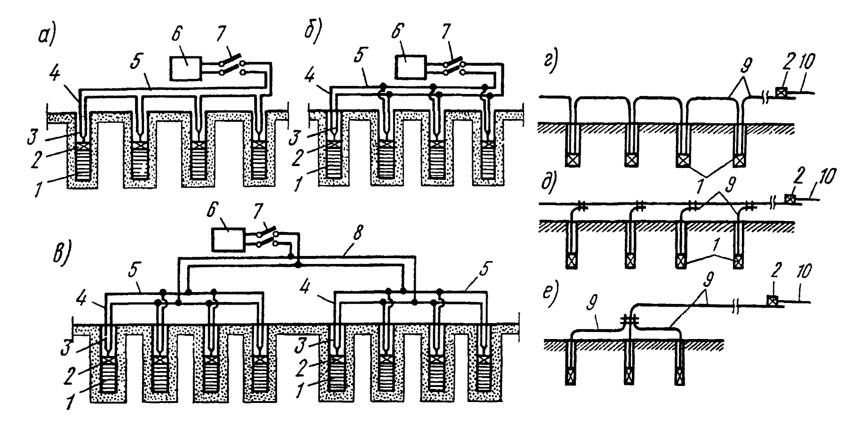


Рис. 5.2. Схемы производства взрыва:

а — последовательное соединение электродетонаторов; *б* — то же, параллельное; *в* — то же, смешанное; *г* — последовательное соединение ВВ с детонирующим шнуром; д — то же, параллельное; *е* — то же, параллельно-пучковое: *1* — основной заряд ВВ; *2* — патрон-боевик; *3* — забивка грунтом; *4* — изолированные провода; *5* — участковая сеть; *6* — источник тока; *7* — рубильник; *8* — магистральная сеть; *9* — детонирующий шнур; *10* — огнепроводный шнур

венного действия. Для взрыва электродетонаторов в качестве источника электроэнергии используют электроосветительную сеть, передвижные электростанции, взрывные машинки, а в некоторых случаях сухие гальванические батареи и аккумуляторы. Взрывная машинка, например ПМ-1 работает как динамомашина постоянного тока с пружинным заводом. Электрический ток автоматически включается во взрывную сеть лишь тогда, когда его сила и напряжение достигнут необходимой величины.

Электродетонаторы подсоединяют к источнику тока по трем схемам: последовательно, параллельно и параллельно-последовательно. Последовательное соединение (рис. 5.2, *а*) наиболее простое, экономичное по расходу проводов, но не обеспечивает надежности в работе. Выход из строя хотя бы одного электродетонатора приводит к выходу из строя всей системы зарядов. Параллельное соединение (рис. 5.2, *б*) более надежно в работе. Его используют при небольшом количестве зарядов, подсоединенных к источнику тока с малым напряжением, но с большой силой тока (более 10 А). Смешанное соединение (рис. 5.2, *в*) применяют в тех случаях, когда заряды разбиты на группы с одинаковым сопротивлением электродетонаторов.

Взрыв зарядов можно произвести с помощью детонирующего шнура (ДШ), который имеет внутри высокобризантное ВВ (обычно ТЭН) со скоростью детонации около 7000 м/с. Цвет детонирующего шнура ярко-красный. Для первоначальной детонации шнура к одному его концу подсоединяют капсюль-детонатор, а второй конец вставляют в заряд. С помощью детонирующего шнура можно произвести одновременный взрыв большого количества зарядов. Для использования полной мощности ВВ, особенно при взрывах удлиненными зарядами, детонирующий шнур должен пройти через

весь заряд. Шнур имеет надежную изоляцию, позволяющую производить взрыв под водой. К зарядам детонирующий шнур подсоединяют последовательно (рис. 5.2, *г*), параллельно (рис. 5.2, *д*) и с помощью параллельно-пучковой схемы (рис. 5.2, *е*). Эти способы соединения детонирующего шнура с ВВ имеют такие же достоинства и недостатки, как и схема соединения электродетонаторов с источником тока.

5.3. Размещение зарядов и способы их взрывания

Выбор способа взрывания породы с соответствующим размещением ВВ зависит от назначения взрыва (рыхление, выброс, сброс, обрушение грунта), его мощности, вида и объема взрываемой породы, а также местных условий (наличия застройки, сооружений и подземных сетей). В строительстве применяют способы накладных и глубинных (внутренних) зарядов, размещаемых в шпурах, скважинах, в рукавах и камерах.

Способ накладных зарядов осуществляют для подрывания старых опор моста (рис. 5.3, *а*), дробления валунов, больших комьев мерзлого грунта и т. д. Заряд в этом случае накладывают на поверхность взрываемого предмета. Взрывная волна от накладного заряда направлена главным образом в открытое пространство и эф-

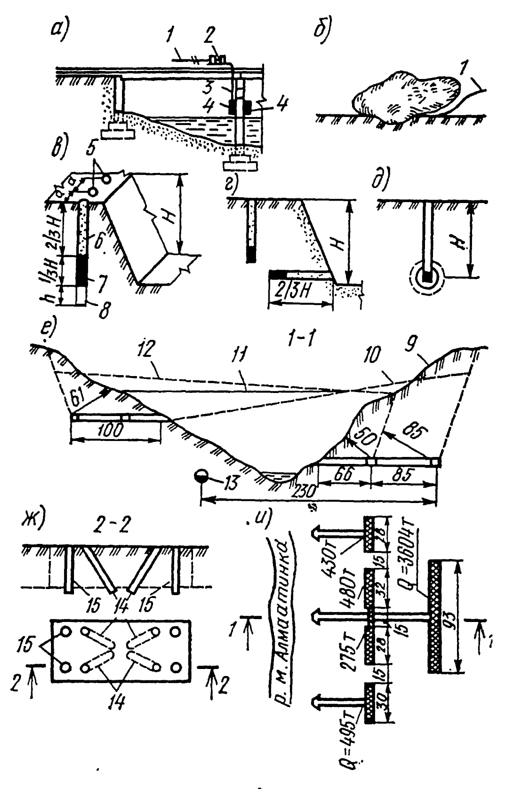


Рис. 5.3. Расположение ВВ в шпурах, скважинах, галереях и способы взрывания (размеры в м):

а — накладным зарядом; *б* — неглубоким шпуровым зарядом; *в* — шпуровым удлиненным зарядом; *г* — комбинированным зарядом с расположением ВВ в шпуре и рукаве; *д* — котловым зарядом; *е* — направленный взрыв; *ж* — взрыв на выброс; *и* — план расположения штолен и камер для направленного взрыва (при строительстве плотины в Медео); *1* — огнепроводный шнур; *2* — патрон-боевик; *3* — детонирующий шнур; *4* — накладной заряд; *5* — шпуры; *6* — забойник; *7* — удлиненный заряд; *8* — перебур; *9* — контур правого склона реки Алмаатинки до взрыва; *10* — контур плотины после взрыва правого склона; *11* — проектный контур плотины; *12* — проектный контур плотины после взрыва левого склона; *13* — водосбросный тоннель; *14* — врубовые шпуры; *15* — отбойные шпуры

фект взрыва от этого снижается в 10...12 раз по сравнению с внутренним расположением заряда. Для экономии ВВ заряд целесообразно размещать внутри взрываемой среды, устраивая для этого шпуры и скважины. В зависимости от глубины размещения ВВ применяют мелкошпуровой заряд и метод глубинных шнуров (глубиной 2...5 м). Первый метод используют для рыхления смерзшихся пород грунта, корчевки пней, выравнивания основания автомобильных дорог, проходящих в гористой местности, и т. д., а второй — при устройстве неглубоких котлованов, траншей, ям в мерзлых грунтах и дроблении крупных камней (рис. 5.3, *б*).

В шпуры укладывают ВВ как в патронированном, так и в порошкообразном виде. В последнем случае ВВ размещают отдельными порциями с легким уплотнением деревянным забойником. Сверху ВВ в шпур вводят патрон-боевик. Остальную часть шпура — забивку 6 (рис. 5.3, *в*) — заполняют песком или местным грунтом. При разработке грунта уступами на сброс или обрушение в шпуры укладывают удлиненные заряды. В зависимости от вида грунта и высоты уступа H шпуры устраивают в один или несколько рядов. Кратчайшее расстояние от заряда до поверхности земли называют *расчетной линией сопротивления*. При высоте уступа забоя до 3 м первый ряд шпуров делают от бровки выемки (уступа) на расстоянии $l=0{,}75$ H, а при бóльшей глубине — $l=0{,}45...0{,}5$ H. Если заряды располагаются в несколько рядов, то расстояние между ними принимают 0,6...0,9 H, а расстояние между зарядами в ряду — $a=$ $=0{,}5...0{,}75$ H. Во всех случаях расстояние между рядами шпуров и между зарядами в ряду не должно превышать 5 м. Для взрыва скальных пород шпуры устраивают с перебуром *8*, т. е. ниже подошвы забоя на величину $H=0{,}25...0{,}4$ a.

Способ скважинных зарядов применяют при взрыве большого массива на сброс или обрушение. ВВ укладывают в скважины диаметром до 300 мм, на глубине до 40 м. Котлованы и траншеи устраивают с использованием взрыва на выброс. Для этого на площади будущего котлована, в его центральной части под углом 60...70° делают врубовые шпуры 14 (рис. 5.3, *ж*), а по периметру — отбойные шпуры 15. Сначала взрываются заряды во врубовых шпурах, образуя как бы «вруб», а затем в отбойных шпурах, подрывая грунт до контура котлована.

Комбинированный способ, при котором ВВ размещают в горизонтальных рукавах и в вертикальных скважинах (рис. 5.3, *г*), используют для обрушения грунта большого объема.

Котловой способ взрыва применяют для образования подземной выемки или уширения пяты набивных свай. На дне шпура или скважины укладывают небольшое количество ВВ (рис. 5.3, *д*), исключающее рыхление и выброс грунта. После первого взрыва за счет уплотнения грунта образуется небольшой котел, в который при необходимости укладывают большое количество ВВ и производят повторный взрыв до получения котла нужных размеров.

Направленный взрыв используют для устройства плотин, каналов, котлованов, сброса горных пород в нужном направлении и т. д.

Примером направленного взрыва является взрыв в урочище Медео. Необходимость срочного возведения такой плотины вызывалась тем, что мощный селевой поток мог появиться в любое время и угрожал городу Алма-Ате. Строительство железобетонной плотины потребовало бы много времени и в период выполнения работ нельзя было подвергать людей опасности. Поэтому был принят вариант устройства плотины взрывным способом, который позволил значительно сократить срок строительства. Возведение плотины было запроектировано в две очереди. На первом этапе взрывом правого склона горного ущелья реки Малой Алмаатинки (1966 г.) была отсыпана плотина до контура *11* (рис. 5.3, *e*), а на втором — взрывом левого склона до контура *12*. В камерах правого берега было расположено 5284 т ВВ. Из них в первом ряду камер с общей длиной 163 м в удалении от поверхности склона на 66 м были рассредоточены заряды массой 495, 275, 480 и 430 т (рис. 5.3, *и*). Во втором ряду длиной 93 м в удалении от первого ряда на 85 м был расположен сосредоточенный заряд массой 3604 т. Поскольку линия наименьшего сопротивления (прорыва газов) проходила от зарядов к поверхности склона под углом, близким к 90°, в этом же направлении и была выброшена основная масса скального грунта. Общий объем взорванного скального грунта составил 2,5 млн. м^3. Из него была образована плотина высотой 60... 100 м. Четыре заряда, расположенные в первом ряду, были взорваны на 4 с раньше основного заряда с тем, чтобы образовать выемку, ограничивающую разброс породы по ширине плотины в период взрыва сосредоточенного заряда. В 1973 и 1977 гг. эта плотина надежно преградила путь мощному селевому потоку, который угрожал г. Алма-Ате.

Вторым примером направленного взрыва является устройство котлована размером в плане 270×85 м, глубиной 17 м в Якутии (в 1975 г.). Взрывчатое вещество массой более 1000 т было заложено в горизонтальные камеры таким образом, что $^1/_3$ общего объема грунта выброшена на одну сторону котлована, а $^2/_3$ — на другую.

5.4. Основы расчета зарядов

Эффект взрыва зависит от расположения заряда по отношению к взрываемой среде (внутренний или наружный), а также формы заряда и плотности забоя. При взрыве в замкнутой среде заряда вокруг его эпицентра образуются сферы различного воздействия на взрываемую породу: сжатия, выброса и колебания. В сфере сжатия (с максимальным давлением газов), расположенной вокруг центра заряда, происходит дробление и измельчение породы. Вокруг сферы сжатия находится сфера выброса, в которой разрушенная порода выбрасывается за ее пределы. В сфере колебания давление газов незначительное, и взрывная волна не разрушает породу, а лишь вызывает в ней колебательные движения.

Для производства взрыва ВВ могут располагаться в виде *сосредоточенных зарядов* (отношение длины заряда к его ширине $\leqslant 5$) и *удлиненных* (указанное отношение >5). В зависимости от желаемых результатов взрыва: на *выброс, рыхление или уплотнение* грунта с образованием камуфлетной пустоты — заряды необходимой массы располагают на определенной глубине.

При взрыве на выброс взрывная волна должна выбросить определенный объем грунта *1, 2* и образовать воронку с радиусом r (рис. 5.4, *а*). Кратчайшее расстояние прорыва газов от центра заряда до поверхности взрываемой породы грунта называется *линией наименьшего сопротивления* (л. н. с.). Радиус действия выброса $R_в$ определяется расстоянием от центра заряда до поверхности земли,

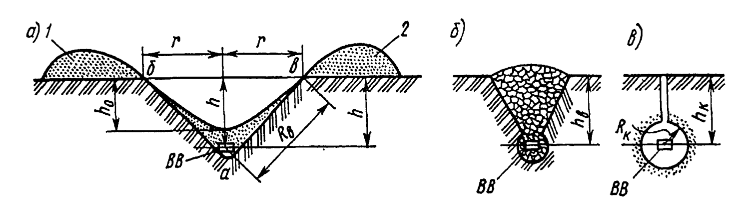


Рис. 5.4. Действие заряда на взрываемую породу:
а — усиленного выброса; *б* — уменьшенного выброса (рыхление); *в* — камуфлетный заряд

измеренным по откосу воронки. Показатель выброса или показатель действия (горна) взрыва характеризуется отношением $n = r/h$.

Если в результате взрыва образуется воронка, радиус которой больше л. н. с., т. е. $n > 1$, такой заряд называется *зарядом усиленного выброса*. Если радиус воронки равен л. н. с., т. е. $n = 1$ — *заряд нормального выброса,* а при $n < 1$ — *заряд уменьшенного выброса*. В последнем случае при $n = 0{,}5...0{,}7$ происходит лишь рыхление (выпирание) грунта без его выброса (рис. 5.4, *б*), поэтому такой заряд иногда называют *зарядом рыхления* (выпирания).

Если небольшое количество ВВ располагается на такой глубине, когда взрывная волна не в состоянии преодолеть сопротивление вышележащего грунта, то образовавшиеся газы при взрыве лишь расширяют, уплотняют грунт и образуют в нем камуфлетную пустоту с радиусом R (рис. 5.4, *в*). Заряд при таком взрыве, когда $n < 0{,}35$, называют *камуфлетным.* При взрывах усиленного выброса $n = 3$ — предельное значение, так как дальнейшее увеличение показателя взрыва не приводит к увеличению радиуса и глубины воронки.

Поскольку выброс грунта происходит в направлении образующих конуса *аб* и *ав* (рис. 5.4, *а*), часть грунта после взрыва попадает в воронку, уменьшая ее глубину, до величины h_0, называемую видимой глубиной воронки. За пределами воронки образуются отвалы *1* и *2,* высота которых равна 0,3 h.

Радиус выброса $R_в = \sqrt{h^2 + r^2}$.

По данным В. Л. Барона (Союзвзрывпром), видимая глубина воронки

$$h_0 = \alpha h(2n - 1),$$

где α — коэффициент, учитывающий свойства взрываемых пород, конструкцию зарядов и величину показателя действия взрыва; h — длина линии наименьшего сопротивления, м; n — показатель действия взрыва.

При использовании ВВ — аммонита № 6 ЖВ в сосредоточенных зарядах с $n = 2$ α принимают: для I и II группы грунтов (пески) $\alpha = 0{,}38$; для II и III (суглинки) $\alpha = 0{,}44$; для VI и VII (известняки) $\alpha = 0{,}33$.

Средняя длина развала воронки (по данным того же автора) $L_{ср} = 4h\sqrt{qn},$ где q — удельный расход ВВ, кг/м³.

Средняя высота развала при производстве взрывов на выброс $h_{ср}=0{,}15+h_0/q$.

Количество ВВ, необходимое для производства взрывных работ, зависит не только от показателя выброса, но и от прочности взрываемой породы. Исследованиями был установлен удельный расход различных видов ВВ на 1 м^3 взрываемой породы с учетом ее прочности. Зная удельный расход ВВ (кг/м^3) и объем взрываемой породы V (м^3), масса (кг) сосредоточенного заряда $Q=qV$.

При нормальном выбросе, когда $n=1$ $(r=h)$, объем (м^3) взрываемой породы определяют как объем конуса

$$V=\frac{1}{3}\pi r^2h\approx r^3 \text{ тогда } Q=qr^3=qh^3.$$

Количество ВВ для сосредоточенного заряда усиленного выброса определяют по формуле М. М. Борескова $Q=qh^3\,(0{,}4+0{,}6\,n^3)$.

При глубине заложения заряда $h>25$ м количество ВВ находят по формуле проф. Г. А. Покровского $Q=qh^3(0{,}4+0{,}6n^3)\sqrt{h_ф/25}$, где n — показатель выброса; $h_ф$ — фактическая глубина заложения заряда, м.

Для камуфлетного заряда количество ВВ (кг) $Q=0{,}35qh_к^3$, где $h_к$ — л. н. с. для камуфлетного заряда, м.

Масса (кг) заряда для рыхления (выпирания) грунта $Q=0{,}7qh_в^3$, где $h_в$ — л. н. с. для выпирающего заряда, м.

5.5. Охрана труда

При производстве взрывных работ необходимо строго выполнять «Единые правила безопасности при взрывных работах», утвержденные Госгортехнадзором СССР.

Руководить взрывными работами имеют *право лишь лица, назначенные приказом* и имеющие *горно-техническое образование* или окончившие специальные учебные заведения. К выполнению взрывных работ допускаются рабочие, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и получившие *«Единую книжку взрывника»*. Для безопасного выполнения взрывных работ разрабатывается и утверждается главным инженером организации паспорт и проект производства взрывных работ, где указывается: граница и площадь опасной зоны; место расположения укрытия для взрывников; схема расположения ВВ в шпурах, скважинах и минных камерах; расположение в опасной зоне всех существующих зданий и сооружений с подъездными дорогами, тротуарами; размещение всех видов подземных сетей.

Все лица, работающие в опасной зоне, а также население ближайшего района должны быть ознакомлены с сигнализацией, которая бывает звуковой (с использованием сирены, рожка, трубы) или световой (днем с помощью красных флажков, а ночью — фонарей

с красным светом). При размещении ВВ в наружных зарядах, шпурах или рукавах, где не требуется много времени на подготовку заряда к взрыву, сигналы может подавать взрывник или ответственное лицо за взрывные работы в такой последовательности:

первый сигнал — предупредительный (один продолжительный). По этому сигналу из опасной зоны удаляются все люди, не занятые подготовкой зарядов к взрыву; на дорогах и тротуарах устанавливаются караульные, не допускающие посторонних лиц в опасную зону; взрывники подносят ВВ, средства взрыва и готовят заряды к взрыву;

второй сигнал — предварительный подается при подготовке к зажиганию огнепроводных шпуров (при огневом способе взрыва); при электрическом способе производится измерение сопротивления электросети и присоединение проводов к зажимам подрывной машинки или к рубильнику электросети;

третий сигнал — боевой подается для зажигания огнепроводных шнуров и удаления в укрытие взрывников, а при электрическом способе взрыва ток включается взрывниками, находящимися в укрытии.

Взрывник, находясь в укрытии, ведет учет количества взорвавшихся зарядов. Если будет установлено, что взорвались все заряды, а при внешнем осмотре в забое не оказалось нависшего грунта или камней, угрожающих обвалом, — дается *сигнал отбоя*. Если обнаружен невзорвавшийся заряд (отказ), то принимаются меры предосторожности и такой заряд ликвидируется. Для этого сбоку отказавшего заряда пробуривается отверстие на расстоянии: 300 мм — при шпуровом заряде, 500 мм — при котловом заряде и 3000 мм — при скважинном заряде. В эти шпуры или скважины укладывается новый заряд и производится дополнительный взрыв.

Глава 6. СВАЙНЫЕ РАБОТЫ

6.1. Общие сведения

В настоящее время примерно 20 % всех зданий и сооружений возводится на сваях, что позволяет в 2...3 раза уменьшить объем земляных работ, более чем в 2 раза сократить расход бетона и на 20 % снизить трудоемкость. Кроме того, предоставляется возможность сократить в 1,5...3 раза срок строительства и повысить ритмичность ввода объектов в эксплуатацию в течение года. При наличии высокого уровня грунтовых вод свайные фундаменты осуществляют без применения водоотлива или водопонижения.

Свайные работы выполняют: при устройстве свайных фундаментов для зданий и сооружений; ликвидации оползней при застройке вдоль рек, морей и оврагов; временном креплении вертикальных стенок котлованов транспортных пересечений в разных уровнях, подземных пешеходных переходов, опор мостов, коллекторов и других инженерных сооружений.

В зависимости от *способа передачи нагрузки* от здания или со-

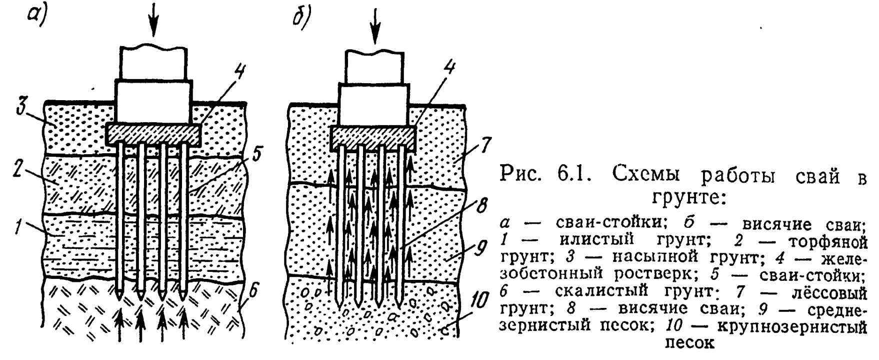


Рис. 6.1. Схемы работы свай в грунте:

а — сваи-стойки; *б* — висячие сваи; *1* — илистый грунт; *2* — торфяной грунт; *3* — насыпной грунт; *4* — железобетонный ростверк; *5* — сваи-стойки; *6* — скалистый грунт; *7* — лёссовый грунт; *8* — висячие сваи; *9* — среднезернистый песок; *10* — крупнозернистый песок

оружения грунту различают сваи-стойки и висячие сваи. Сваи-стойки (рис. 6.1, *а*) передают нагрузку своей нижней частью на глубоко расположенный прочный грунт, а висячие сваи (рис. 6.1, *б*) — за счет сил трения, возникающих по всей высоте сваи.

По виду материала сваи бывают: железобетонные, бетонные, металлические и деревянные; *по форме:* квадратные, прямоугольные, многоугольные, круглые сплошного сечения и полые (сваи-оболочки), пирамидальные; *по способу изготовления:* на заводах железобетонных изделий для погружения их в грунт в готовом виде; набивные сваи, изготовляемые на месте строительства; *по способу погружения:* молотами ударного действия, вибропогружателями, с подмывом водой и последующей добивкой молотом, вдавливанием коротких свай в грунт и завинчиванием. Свайные фундаменты устраивают как с монолитными, так и сборными ростверками.

6.2. Подготовка свай к погружению

При устройстве свайных фундаментов наибольшее распространение имеют железобетонные сваи (рис. 6.2, *а*), изготавливаемые с ненапряженной (обычной) и с предварительно напряженной арматурой. Длина и сечение свай зависят от величины воспринимаемой нагрузки и вида грунта. Железобетонные сваи сплошного квадратного сечения с обычной арматурой выпускают длиной 3...16 м, со стороной квадрата 200, 250, 300, 350 и 400 мм; сваи с предварительно напряженной стержневой арматурой — длиной 9...20 м, со стороной 300, 350 и 400 мм. Для повышения несущей способности и восприятия изгибающих моментов во время погрузочно-разгрузочных и транспортных работ сваю армируют продольными (рабочими) стержнями *1* и *2*. Положение рабочей арматуры в сечении свай фиксируется хомутами или спирально намотанной распределительной арматурой *3*, придающей необходимую жесткость арматурному каркасу. При забивке верхняя часть сваи испытывает наибольшие динамические усилия от ударной части молота, поэтому она дополнительно армируется металлическими сетками *5*. Внизу сваи рабочая арматура соединяется в пучок вокруг дополнительного стержня *4*, образуя тем самым острие.

Чтобы железобетонная свая не разрушалась при падении удар-

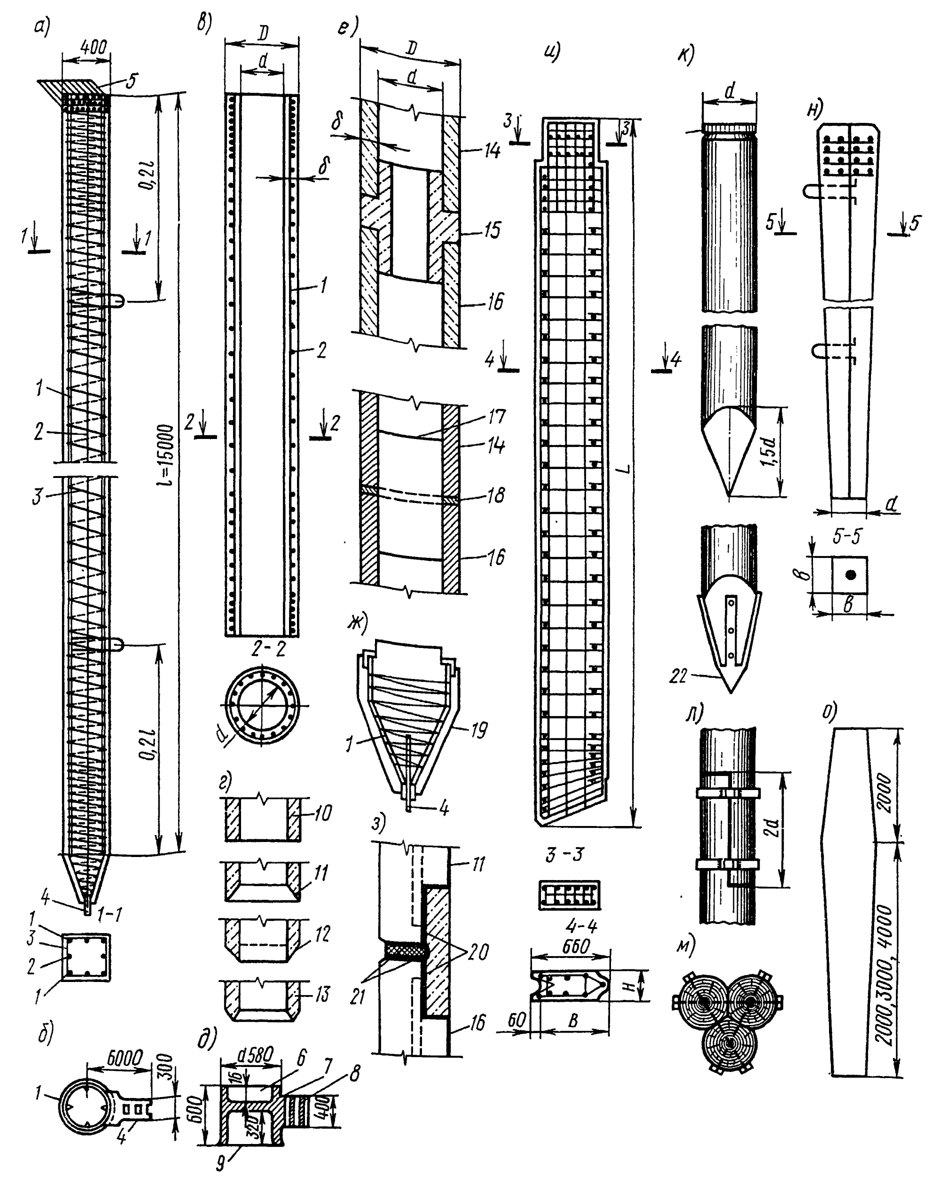


Рис. 6.2. Железобетонные сваи и их детали:

а — железобетонная свая сплошного сечения; *б* — наголовник сваи; *в* — железобетонная полая (трубчатая) свая; *г* — форма нижней части трубчатых свай; *д* — то же, с помощью отрезка стальной трубы; *е* — соединение трубчатой сваи с железобетонным вкладышем; *ж* — железобетонный башмак полой сваи; *з* — жесткий стык сваи оболочки; *и* — железобетонная шпунтовая свая; *к* — деревянная свая; *л* — соединение деревянных свай; *м* — пакетная свая из трех бревен; *н* — пирамидальная свая без поперечного армирования; *о* — ромбовидная железобетонная свая

ной части молота, сверху на нее надевается наголовник *7* (рис. 6.2, *б*). В поперечном сечении он имеет Н-образную форму с двумя стаканами. В верхний стакан *6* вставляют «пробку» из твердых и вязких пород древесины (дуб или вяз) высотой 15...25 см. Для защиты пробки от смятия и раскалывания на ее верхнюю часть надевают бугель или укладывают металлический лист. Нижний стакан *9* надевают на голову сваи, а сверху укладывают прокладку (амортизатор) из нескольких рядов досок (крест-накрест). Наголовник с помощью приспособления *8* крепится к направляющей копра и удерживают сваю в нужном положении.

В городском строительстве применяют полые или трубчатые железобетонные сваи (рис. 6.2, *в*) с наружным диаметром 500, 600 и 800 мм и толщиной стенки 80 мм. При строительстве мостов используют сваи-оболочки диаметром 1200, 2000 и 3000 мм с толщиной стенки до 120...160 мм. Трубчатые сваи собирают из отдельных звеньев длиной 4...10 м. Применяя различное сочетание таких звеньев, получают сваи длиной 8...40 м. Армируют трубчатые сваи продольными стержнями диаметром 12...22 мм, сверху которых навивается спиральная арматура диаметром 5 мм.

Для строительства зданий на слабых водонасыщенных грунтах в ряде случаев применяют короткие трубчатые сваи длиной до 8 м, а на плотных грунтах — железобетонные сваи квадратного сечения. Нижняя часть трубчатой сваи может иметь плоский торец *10* (рис. 6.2, *г*), скос внутрь сваи *11* (кесонный тип), скос в наружную сторону *12* и двусторонний скос *13*. В практике строительства наибольшее распространение получили первые два типа свай, при погружении которых внутрь трубы образуется уплотненное грунтовое ядро (пробка). Если трубчатая свая погружается в плотные грунты, то снизу ее усиливают стальным ножом, защищающим торец от разрушения. В жилищном строительстве трубчатые сваи воспринимают вертикальные (осевые) нагрузки, поэтому отдельные звенья *14* и *16* (рис. 6.2, *е*) можно соединять друг с другом железобетонным вкладышем *15*, отрезком стальной трубы *17* с приваренной к ней шайбой *18* или с помощью болтов. В тех сооружениях, где сваи воспринимают помимо вертикальных нагрузок и изгибающие моменты, стыки отдельных звеньев труб должны быть жесткими (рис. 6.2, *з*). Стыкуемые торцы труб имеют вертикальные кольца *20*, приваренные к рабочей арматуре, и горизонтальные обечайки *21*, между которыми уложена асбестовая прокладка, пропитанная битумом. После установки верхнего звена нижние вертикальные кольца *20* сваривают друг с другом. На все закладные металлические элементы наносят антикорозионное покрытие, и стык снаружи замоноличивают. Для повышения несущей способности свайного основания, устраиваемого в слабых грунтах, трубчатые сваи снизу закрывают специальными железобетонными башмаками 19 (рис. 6.2, *ж*).

Для ограждения рабочего пространства от затопления его водой (при устройстве набережных, опор мостов) устраивают шпунтовый ряд. В подпорных стенках, чтобы исключить вымывание грунта из-под ростверка, шпунтовые ряды делают из железобетонных

шпунтовых свай; по форме они могут быть плоские (рис. 6.2, *и*), двутавровые и прямоугольные. Плоский железобетонный шпунт ВНИИГСа изготовляют длиной 5...15 м, шириной 600 мм, а толщиной 160, 200, 240, 300 и 360 мм. Двутавровый шпунт ВНИИГСа имеет длину 12...25 м, высоту 400...700 мм и ширину 300...600 мм. Каждая шпунтовая свая по всей длине имеет паз и гребень, а внизу срезана под углом 20°.

Для временных ограждений делают деревянный шпунт. При длине до 7 м шпунт изготовляют из досок толщиной 50...120 мм, а при длине 7...14 м — из брусьев толщиной 150...250 мм.

Деревянные сваи применяют при строительстве временных мостов, пешеходных переходов, а также эстакад и различных опор. Срок службы деревянных свай значительно повышается, если они постоянно находятся ниже уровня воды в реке или ниже уровня грунтовых вод. Для защиты деревянных свай от гниения их пропитывают креозотом и другими антисептиками.

Деревянные круглые сваи изготовляют из бревен диаметром 180...300 мм, длиной 8...15 м хвойных и лиственных пород: сосны, ели, лиственницы и дуба. Для уменьшения сопротивления грунта при погружении сваи конец ее симметрично заостряют (рис. 6.2, *к*). Для предохранения головы сваи от разрушения (при падении ударной части молота) на нее надевают в горячем состоянии стальное кольцо — бугель. При забивке сваи в плотные грунты острие сваи усиливают стальным башмаком *22*. Сваи могут соединяться по длине в полдерева с закреплением стыка хомутами (рис. 6.2, *л*). Для восприятия больших сосредоточенных нагрузок устраивают пакетные сваи, состоящие из трех (рис. 6.2, *м*) или четырех бревен, соединенных друг с другом болтами. Клееные деревянные сваи и шпунт изготовляют из чисто строганных досок длиной 2...6 м, толщиной 35...50 мм.

В последние годы стали применять наиболее экономичные пирамидальное (висячие) сваи (рис. 6.2, *н*), которые имеют бóльшую несущую способность, чем призматические (вследствие заклинивания в грунте). Поскольку в пирамидальных сваях нет рабочей арматуры (по оси сваи — только один стержень), они не могут воспринимать изгибающие моменты от зданий и сооружений.

В пучинистых грунтах целесообразно применять ромбовидные сваи (рис. 6.2, *о*), при погружении которых достигается лучшее уплотнение грунта и повышается их несущая способность. Это позволяет снизить расход материала и трудозатраты. Достоинство ромбовидной сваи состоит и в том, что в пучинистых грунтах она работает в более благоприятных условиях. В зоне мерзлого грунта сила трения о стенки сваи значительно уменьшается, так как в верхней части сваи не происходит ее заклинивание.

Шпунтовые заграждения можно устроить из стальных профилей, которые бывают плоские (рис. 6.3, *а*), корытообразные (рис. 6.3, *б*), корытообразные типа «Ларсен», а также зетообразные (рис. 6.3, *в*). Последние два типа свай обладают большей жесткостью, чем первый и используются для восприятия больших односторон-

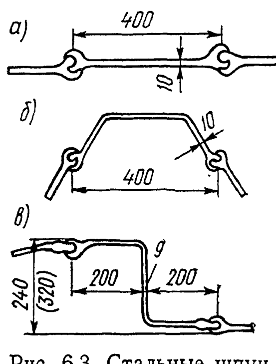


Рис. 6.3. Стальные шпунтовые сваи

них нагрузок (при большой глубине котлована). Водонепроницаемость шпунтового ограждения из стальных свай обеспечивается замковыми соединениями, состоящими из пазов и гребней. Стальные шпунтовые сваи имеют длину 12...25 м.

6.3. Оборудование для погружения свай

Сваи можно погружать в грунт с помощью машин ударного, вибрационного, вдавливающего и завинчивающего действия, а также агрегатов смешанного действия — виброударные молоты и вибровдавливающие машины.

Применяемые для забивки свай машины ударного действия различаются по роду привода: молоты внутреннего сгорания (дизельные), паровоздушные и механические (подвесные). Паровоздушные молоты бывают одиночного и двойного действия. В первых сила пара или сжатого воздуха используется лишь для подъема ударной части, а рабочий ход осуществляется при ее падении на сваю. В молотах двойного действия энергия пара или сжатого воздуха используется для увеличения силы удара. Управление работой молотов бывает ручным, полуавтоматическим и автоматическим.

Дизельный молот штангового типа (рис. 6.4, *а*) состоит из поддона *1*, направляющих штанг *2*, ударной части с цилиндром *3* и поршневого блока *4*, который заканчивается шарнирной опорой, состоящей из сферической пяты и наголовника. Назначение шарнирной опоры — обеспечить центральный удар по свае при незначительном нарушении соосности молота и сваи. Для запуска дизель-молота ударная часть с помощью захвата-кошки поднимается лебедкой копра в крайнее верхнее положение. После этого захват освобождает ударную часть и при ее падении в цилиндре образуется сжатый воздух, в результате чего температура его сильно повышается. В это время приводится в действие насос плунжерного типа, который подает топливо в цилиндр, где и происходит воспламенение смеси. Образовавшиеся при сгорании газы отбрасывают цилиндр в исходное положение, и в дальнейшем молот работает автоматически до момента прекращения подачи топлива. Для забивки свай

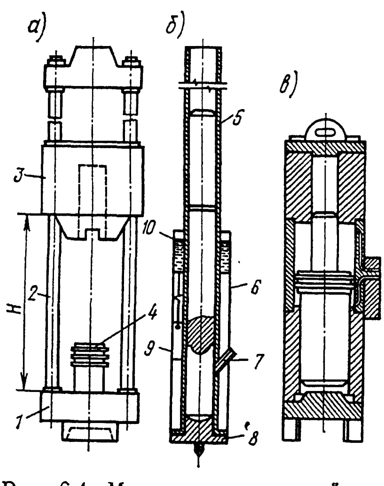


Рис. 6.4. Молоты ударного действия

применяют дизель-молоты с массой ударной части 140, 190, 600, 1250, 1800 и 2500 кг и числом ударов в минуту 50...100. Высота подъема ударной части молота 1...2,6 м. Достоинство дизель-молотов по сравнению с паровоздушными состоит в том, что они более мобильны и не требуют для своей работы громоздких паровых котлов или мощных компрессоров. Недостаток штанговых дизель-молотов проявляется при забивке свай в слабые грунты, когда невозможно обеспечить автоматическую его работу, так как при этом в камере сгорания не образуется высокая степень сжатия воздуха, необходимая для воспламенения топливной смеси.

В трубчатом дизель-молоте (С-995, С-996, С-1047 с массой ударной части соответственно 1200, 1600 и 2500 кг, рис. 6.4, *б*) неподвижным является цилиндр *6*, а ударной частью служит тяжелый подвижный поршень *5*. Цилиндр внизу заканчивается подвижным шаботом *8*, передающим удар свае через упругую подушку. Плунжерный насос *9* из резервуара *10* подает топливо в цилиндр. Отработанные газы выходят в атмосферу через патрубок *7*. Принцип работы трубчатого дизель-молота такой же, как и штангового. Трубчатые дизель-молоты более надежны в работе и обладают в 2...3 раза бóльшей погружающей способностью, чем штанговые дизель-молоты.

В новых моделях трубчатых дизель-молотов применяется такая система водяного охлаждения, которая обеспечивает возможность выполнения сваебойных работ при температуре воздуха от +50° до —50 °С.

В паровоздушном молоте двойного действия (рис. 6.4, *в*) ударная часть при рабочем ходе находится под действием силы тяжести и давления пара или сжатого воздуха. Благодаря этому скорость движения ударной части значительно выше и количество ударов в минуту увеличилось до 100...200 в тяжелых и средних моделях и до 500 и более в легких моделях. Достоинство паровоздушных молотов состоит в том, что увеличение скорости движения ударной части позволило уменьшить длину рабочего хода без уменьшения энергии удара.

Механический молот применяют при небольших объемах работ. Он состоит из ударной части (бабы) массой 100...3000 кг и захватного устройства. После того как лебедка, размещенная на копре, поднимает на необходимую высоту ударную часть молота, захватное устройство освобождает ее и при свободном падении производит удар по свае. Механические молоты недороги, долговечны и имеют простую конструкцию.

Недостаток их состоит в том, что они производят небольшое количество ударов — 3...4 в минуту, при постоянном закреплении каната к ударной части молота можно увеличить число ударов до 10...12 в минуту, но это приводит к интенсивному износу лебедки и копра.

Молоты ударного действия монтируют на копрах, которые бывают паровые и электрические высотой 22,5...35,5 м и самоходные — 9...18 м. В конструктивном отношении копры подразделяют на ба-

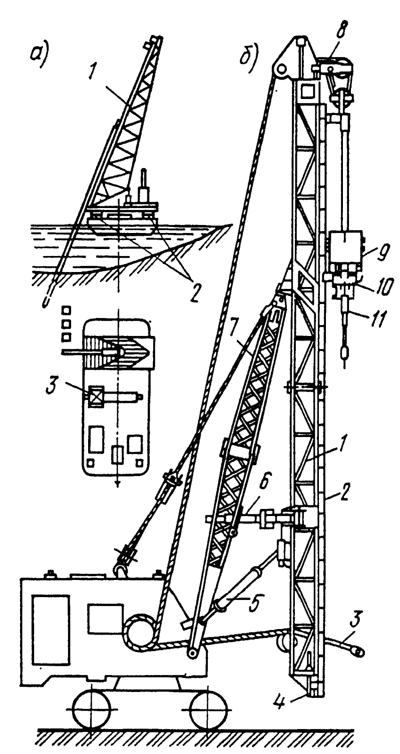


Рис. 6.5. Схемы копров:

а — забивка свай плавучим копром: *1* — копровая рама; *2* — шпальная клетка; *3* — передвижной груз; *б* — универсальный навесной копер на базе экскаватора; *1* — стрела копра; *2* — направляющая для молота; *3* — канат для подтягивания свай; *4* — опорный домкрат; *5* — гидроцилиндры для наклона стрелы; *6* — гидроцилиндры для поворота стрелы; *7* — стрела копра; *8* — поворотная головка стрелы; *9* — молот; *10* — наголовник; *11* — устройство для подъема сваи

шенные (на базе экскаватора рис. 6.5, *а*) и плавучие (рис. 6.5, *б*). Сваебойные самоходные агрегаты смонтированы на базе тракторов, автомобилей и применяются для погружения свай длиной 8; 10 и 12 м. Они имеют гидравлическое устройство для перемещения мачты в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и точного наведения сваи в точку погружения.

В современных самоходных агрегатах имеются гидравлические цилиндры, позволяющие устанавливать стрелу копра в транспортное и рабочее положения с выверкой ее в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (вперед, назад, вправо и влево). Для забивки тяжелых трубчатых свай длиной до 23 м, массой до 10 т как молотами, так и вибромашинами применяют тяжелые универсальные копры.

В универсальных копровых установках на рельсовом ходу используется совершенная конструкция для изменения вылета мачты и механизации основных движений копра (в том числе и его передвижения), что позволяет устанавливать сваю в заданную точку с большой точностью в минимальное время.

6.4. Погружение свай ударным способом

При устройстве свайных фундаментов необходимо произвести разбивку свайных рядов и применить соответствующую схему забивки свай. До начала погружения свай определяют точное их местоположение в плане. Для этого устраивают обноску, натягивают проволоку вдоль продольных и поперечных осей и положение каждой сваи обозначают колышком.

В зависимости от формы и размера свайного поля, а также вида грунта применяют рядовую, спиральную и секционную схемы забивки свай.

Рядовую схему (рис. 6.6, *а*) применяют при устройстве свайных фундаментов зданий и сооружений в несвязных грунтах. При строительстве линейного сооружения забивку свай производят последовательными рядами, по захваткам. Сначала забивают сваи в пер-

вом ряду на участке *1—2*, затем во втором на участке *3—4* и в третьем на участке *5—6*. По окончании работ на первой захватке сваебойный агрегат переходит на вторую и продолжает забивку свай в такой же последовательности.

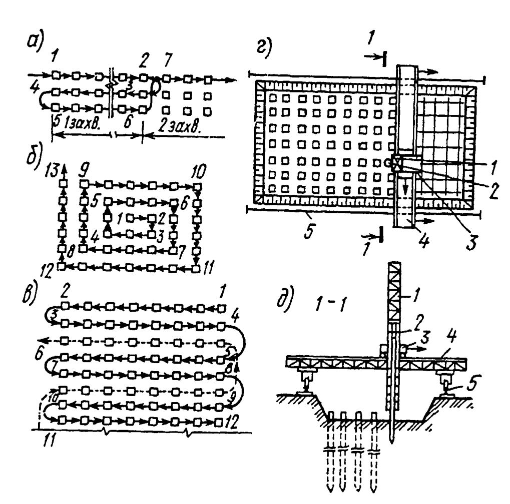


Рис. 6.6. Схема забивки свай

Спиральную схему (рис. 6.6, *б*) применяют при кустовом расположении свай (опор мостов, эстакад) и забивке их в неплотные грунты. В этом случае погружение начинают от среднего ряда и ведут по спирали к крайним рядам с прохождением копра последовально через точки его стоянок *1—13*. При таком порядке сваи испытывают меньшее сопротивление грунта.

Секционную схему (рис. 6.6, *в*) применяют при устройстве свайных полей на больших площадях в плотных грунтах. Сваи забивают на площади каждой секции (2—3 ряда) с пропуском одного ряда между ними, т. е. сваебойный агрегат проходит через точки *1—12*. По окончании работ на всех секциях приступают к забивке свай в пропущенных рядах. Такая схема исключает неравномерное нарушение структуры грунта.

При устройстве свайного фундамента под опору моста или здания шириной до 18 м используют мостовую сваебойную установку ЦНИИОМТПа с координатно-шаговым механизмом, имеющим программное управление (рис. 6.6, *г, д*). Перемещение копра в продольном направлении обеспечивается нижней мостовой рамой *4*, движущейся вдоль котлована по рельсовому пути *5*. В поперечном направлении копер перемещается с помощью верхней тележки *3*, на которой смонтирована копровая мачта *1* с дизель-молотом *2*. В зависимости от глубины котлована и высоты свайного ростверка сваебойный агрегат может располагаться как на поверхности земли, так и внизу котлована. Выбор копровой установки и типа молота зависит: от длины и вида забиваемых свай, угла забивки в грунт, вида грунта, уровня грунтовых вод, а также местных условий (забивка выполняется на поверхности земли или в реке, наличие близко расположенных зданий и т. д.).

Если погружение свай осуществляют молотом одиночного действия, в том числе дизель-молотом, то масса его ударной части должна быть: при длине сваи более 12 м — не менее массы сваи; при длине сваи до 12 м и забивке в плотные грунты — не менее 1,5 массы сваи, а в грунты средней плотности — не менее 1,25 мас-

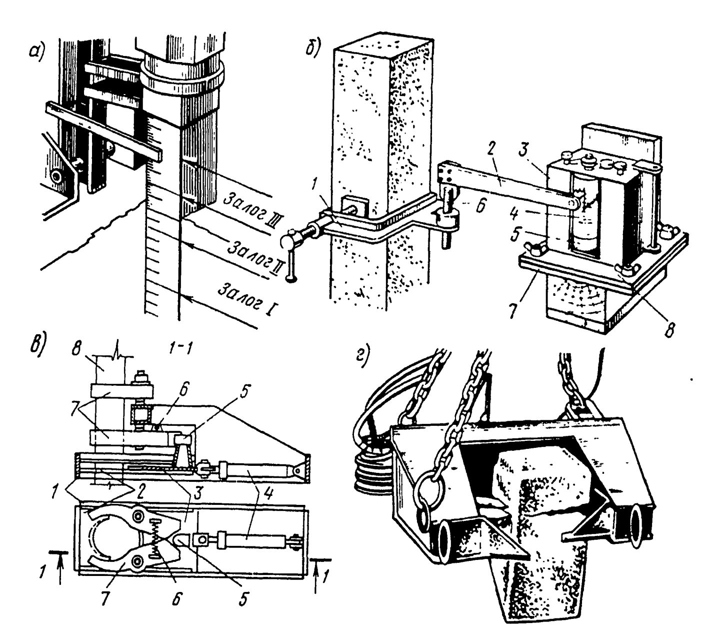


Рис. 6.7. Приспособления для определения величины отказа свай и их срезка:
а — приспособление для определения величины отказа сваи; *б* — отказомер; *1* — струбцина; *2* — плоская пружина с самописцем; *3* — откидная крышка кассеты; *4* — откидная площадка кассеты; *5* — лентопротяжная катушка; *6* — держатель; *7* — металлический лист на деревянной балке; *8* — станина; *в* — сваерез с захватом; *1* — корпус; *2* — неподвижный нож; *3* — подвижный нож; *4* — гидроцилиндр; *5* — клин; *6* — пружина возврата; *7* — рычаги; *8* — свая; *г* — установка для резки железобетонных свай

сы сваи, включая во всех случаях в массу сваи и массу наголовника. Железобетонные сваи легкого, среднего и тяжелого веса (длиной до 15 м), а также стальной шпунт погружают в плотные грунты паровоздушными молотами двойного действия.

Забивку сваи начинают (после частичного ее погружения в грунт под действием собственного веса сваи и молота) одиночными ударами при падении ударной части молота с высоты 0,4...0,5 м. По мере заглубления сваи сопротивление грунта возрастает и в цилиндре молота создается необходимая степень сжатия воздуха, после чего начинается его автоматическая работа.

В начальный период забивки сваи молотами одиночного действия учитывают количество ударов на каждый метр погружения и отмечают среднюю высоту падения ударной части молота. При забивке сваи молотами двойного действия учитывают время работы молота, расходуемое на каждый метр погружения сваи, среднее давление пара (воздуха) и частоту ударов молота в минуту. Несущую способность сваи определяют отказом, т. е. минимальной величиной погружения сваи за один или несколько ударов. Поскольку от одного удара величина погружения сваи в конце забивки незначительна и практически трудно заметна (измеряется миллиметрами), при забивке молотами одиночного действия отказ сваи определяют от десяти ударов (залога). При применении молотов

двойного действия отказ характеризуется величиной погружения сваи за 1 мин с учетом частоты ударов молота и давления пара (воздуха). Контрольный отказ измеряют на протяжении не менее чем трех последовательных залогов (рис. 6.7, *а*). Для точной фиксации отказа от заданного веса ударной части, падающей на сваю с определенной высоты, применяют отказомеры (рис. 6.7, *б*). Результаты забивки свай фиксируются в специальном журнале, который предъявляется государственной комиссии при сдаче объекта в эксплуатацию.

При выборе молота для забивки свай или свай-оболочек следует исходить из их проектной несущей способности и собственного веса. Для этого необходимо в соответствии со СНиП III-9—74 определить минимальную энергию удара

$$Э = 1{,}75aP,$$

где a — коэффициент, равный 25 Н·м/т; P — несущая способность сваи, предусмотренная проектом, кН.

Выбранный тип молота с расчетной энергией удара $Э_р$ должен удовлетворять условию

$$k \leqslant (Q_п + q)/Э_р,$$

где k — коэффициент, $k \leqslant 6$ при погружении железобетонных свай трубчатым дизельным молотом или молотом двойного действия и $k \leqslant 5$ — при погружении деревянных свай теми же молотами; $Q_п$ — полный вес молота, Н; q — вес сваи (включая вес наголовника и подбабка), Н.

Расчетное значение энергии удара для дизель-молотов принимают: для трубчатых $Э_р = 0{,}9QH$; для штанговых $Э_р = 0{,}4QH$, где Q — вес ударной части молота, Н; H — фактическая высота падения ударной части, м.

В зависимости от вида грунта и глубины погружения сваи выбор вибропогружателя производят по отношению $M/Q_в$, где M — момент эксцентриков, кН·см; $Q_в$ — общий вес сваи, наголовника и вибропогружателя, кН. Величины отношений $M/Q_в$ приведены в СНиП III-9—74, табл. 3.

Контрольный отказ (см) сваи определяют из формулы Н. М. Герсеванова:

$$l_к = \frac{QHFn}{P_{пр}(P_{пр} + nF)} \frac{Q_п + 0{,}2q}{Q_п + q}, \qquad (6.3)$$

где Q — вес ударной части молота, кН; H — расчетная высота падения ударной части молота, см; F — площадь поперечного сечения сваи, м²; n — коэффициент, характеризующий материал сваи и условия ее забивки; $P_{пр}$ — предельная нагрузка на сваю, кН; $Q_п$ — полный вес молота, кН; 0,2 — коэффициент восстановления удара, зависящий от материала соударяющихся тел (железобетонные или стальные сваи и наголовник с деревянным вкладышем); q — масса сваи с наголовником, т.

Железобетонные сваи, не достигшие проектной отметки, но имеющие расчетную величину отказа, срезают под одну отметку

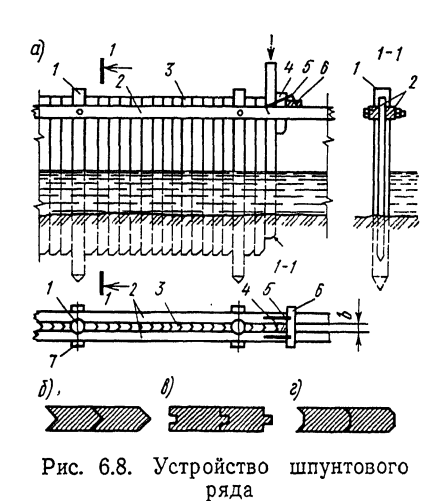


Рис. 6.8. Устройство шпунтового ряда

машиной, имеющей алмазно-металлический диск или с помощью сваереза с захватом (рис. 6.7, *в*). Для срезки верхней части железобетонных свай небольшой длины применяют установку, показанную на рис. 6.7, *г*. Корпус сваереза *1* опускают на сваю *8* до уровня необходимого среза и включают гидроцилиндр *4*, который с помощью подвижного *3* и неподвижного *2* ножей срезает сваю. Срезанная часть сваи зажимается рычагами *7*, приводимыми в движение клином *5* во время перемещения подвижного ножа. Для снятия срезанной части сваи гидроцилиндр совершает обратное действие, при котором клин *5* освобождает рычаги, и они под действием пружины *6* возвращаются в исходное положение.

В период строительства подпорной стенки небольшой ее участок *х—ф—у* (см. рис. 3.62) находится в реке. Для защиты рабочей зоны от затопления ее водой применяют деревянный шпунтовый ряд. Устройство последнего начинают с забивки через 3...5 м маячных свай *1* (рис. 6.8, *а*), и к сваям с помощью болтовых соединений *7* крепят парные схватки *2*, обеспечивающие проектное положение отдельных шпунтин и плотное их примыкание друг к другу. В зависимости от длины шпунтин схватки устраивают в один или два яруса. Расстояние между схватками *b* равно толщине шпунта. Строительство шпунтового ряда ведут с забивкой отдельных шпунтовых свай *3* или пакетов, состоящих из 2...3 шпунтин, соединенных друг с другом скобами. Применение пакетов позволяет повысить производительность копровой установки. Забивку шпунтин или пакетов начинают от маячной сваи и ведут по линии шпунтового ряда.

Плотное примыкание погружаемой шпунтины к ранее забитой осуществляют: внизу реактивным давлением грунта *P* (от косого среза), а вверху — с помощью клина *4*, удерживаемого накладкой *6* и скобами *5*. Чтобы при забивке не происходило смятия гребня шпунтины, клин с одной стороны имеет паз по профилю выступающего гребня. Для бо́льшей герметизации сваи соединяют друг с другом с помощью треугольного (рис. 6.8, *б*), прямоугольного (рис. 6.8, *в*) и трапециевидного гребня и паза (рис. 6.8, *г*).

Достоинство прямоугольного гребня — незначительное отклонение от вертикальной плоскости отдельных шпунтов не вызывает ухудшения герметизации шпунтового ряда, но в изготовлении такой шпунт более трудоемкий. Треугольную форму гребня применяют при дощатом шпунте толщиной до 80 мм. Она проще в изготовлении, но неплотное примыкание одного шпунта к другому приводит

к увеличению водопроницаемости шпунтовой стенки. Этот недостаток уменьшается при применении шпунта с трапециевидной формой гребня.

6.5. Погружение свай вибропогружателями и вибромолотами

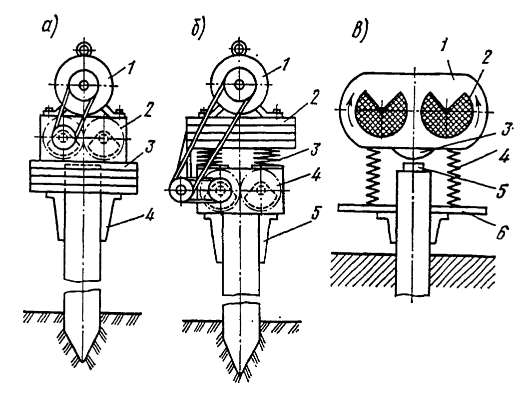


Рис. 6.9. Схемы вибропогружателей

Погружение свай в грунт с помощью вибропогружателей происходит под воздействием вибрации. При работе вибратора возникают направленные колебания, которые от сваи передаются грунту, в результате чего в зоне контакта уменьшаются силы трения, и свая под действием собственного веса и веса вибропогружателя заглубляется в грунт. На рис. 6.9, *а* показана схема вибропогружателя с жестким соединением узлов. Электродвигатель *1* установлен на корпусе вибратора *2*, который жестко соединен с пригрузочными плитами *3*. Вибропогружатель к свае крепится с помощью наголовника *4*. В сварном корпусе вибратора установлены два или четыре вала с посаженными на них дебалансами. Валы связаны между собой зубчатой передачей и вращаются в противоположных направлениях. Дебалансы расположены таким образом, что горизонтальные колебания взаимно поглощаются, а вертикальные — воздействуют на сваю с частотой 300...1500 кол/мин и амплитудой 1...14 мм. Недостаток этих вибропогружателей состоит в том, что вибрация передается не только свае, но и электродвигателю, отчего срок его эксплуатации снижается.

В вибропогружателе с дополнительной пригрузкой (рис. 6.9, *б*) этот недостаток устранен. Электродвигатель *1* вместе с пригрузочными плитами *2* изолирован от вибратора *4* системой пружин *3*. Поэтому колебательные движения от вибратора передаются только свае с помощью наголовника *5*. Вибропогружатели этого типа имеют частоту 1300...1500 кол/мин. Высокочастотные вибропогружатели с частотой 1500 кол/мин применяют для погружения легких (деревянных и металлических) свай.

Для погружения тяжелых железобетонных свай используют низкочастотные вибропогружатели преимущественно с частотой 300...700 кол/мин. Вибропогружатели для погружения железобетонных свай-оболочек выбирают в зависимости от диаметра сваи, ее длины и вида грунта. При вибрационном способе наибольшей скорости погружения свай — до 7 м/мин — достигают в водонасыщенных песчаных грунтах, а в связных грунтах — 10...15 см/мин. Вибропогружатель необходимо жестко крепить на свае, чтобы ее ось совпадала с осью вибропогружателя. Контроль за нормальным

режимом вибропогружения осуществляется специальным прибором, а при его отсутствии — по скорости вибропогружения и амплитуде колебания погружаемой сваи.

Для повышения эффективности работы вибропогружения свай в связных грунтах целесообразно применять свайные вибромолоты (рис. 6.9, *в*). Принцип их работы основан на совместном воздействии на сваю вибрации и удара, благодаря чему они сочетают в себе преимущества вибропогружателей и молотов ударного действия. Вибромолоты погружают сваи значительно быстрее, чем вибропогружатель такой же мощности. Вибромолот состоит из ударной части *1*, внутрь которой вмонтированы два электродвигателя с дебалансами *2*, создающими колебательные движения. Ударная часть с помощью системы пружин *4* опирается на нижнюю плиту *6*. Жесткость пружин должна обеспечить необходимый зазор между бойком *3* и наковальней *5*. Меняя величину зазора, можно регулировать режим работы вибромолота. Для погружения свай и шпунта в связные и плотные грунты применяют вибромолоты с 480...720 ударами в минуту.

6.6. Погружение коротких свай вдавливанием и вибровдавливанием

В строительстве зданий широкое распространение получают фундаменты, устраиваемые с применением коротких железобетонных свай (длиной до 7 м) сплошного и трубчатого сечения. Трубчатые сваи более экономичны, чем сваи сплошного сечения, так как они имеют значительно бо́льшую несущую способность в переводе на 1 м^3 железобетона.

Для погружения коротких свай способом вдавливания применяют агрегат АВС-35 (рис. 6.10, *а*), состоящий из П-образной стрелы с подвижным наголовником, грузовой лебедки и откидной плиты, прикрепленной внизу к стреле. Свая вдавливается в грунт под воздействием усилия, создаваемого грузовой лебедкой через систему полиспастов и подвижного наголовника (рис. 6.10, *б*). Если для погружения сваи в плотные грунты недостаточно усилия одной лебедки с использованием массы трактора, то на опорную плиту въезжает пригрузочный трактор. С помощью своей лебедки второй трактор подтягивает сваю к агрегату и устанавливает ее в направляющую стрелу.

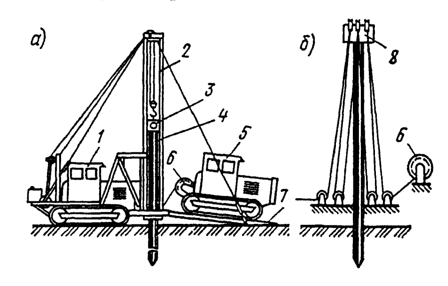


Рис. 6.10. Способы погружения коротких свай:

а — агрегатом для вдавливания; *б* — схема запасовки тросов: *1* — трактор агрегата; *2* — направляющая стрела; *3* — наголовник; *4* — свая; *5* — пригрузочный трактор; *6* — лебедка пригрузочного трактора; *7* — опорная плита; *8* — блоки рабочего трактора

Способ вдавливания эффективно используют для погружения свай во влажные глинистые и суглинистые грунты. При наличии плотных и сухих глинистых грунтов целесообразно предварительно пробурить скважины на глубину выше проектной отметки сваи (500...800 мм) и залить их водой. В подготовленной таким образом скважине значительно уменьшается сопротивление трения грунта и обеспечивается более точное погружение сваи, что очень важно при применении сборного ростверка. Для обеспечения необходимой несущей способности сваи поперечное сечение скважины принимают в два раза меньше поперечного сечения сваи. Достоинство способа вдавливания — свайные фундаменты устраивают без ударов молота (без шума) и сотрясений почвы, а это имеет большое значение в городских условиях, когда вблизи располагаются здания и подземные коммуникации. В то же время агрегат АВС-35 является громоздким и развивает максимальное усилие вдавливания до 350 кН. Он не применим для погружения свай в песчаные грунты.

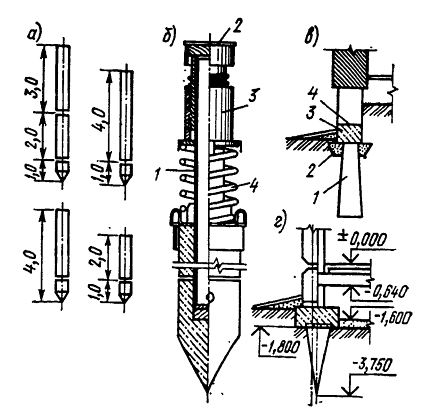


Рис. 6.11. Разновидности коротких свай (размеры в м)

Для погружения свай в песчаные, супесчаные, суглинистые и глинистые грунты с включениями гравия и гальки успешно используют填 вибровдавливающие агрегаты. Принцип работы агрегата основан на использовании совместного действия вдавливания и вибрации. Погружение свай этим агрегатом производится без предварительного бурения скважин. На сваю передается усилие от лебедки через систему блоков и корпуса вибропогружателя. Вибровдавливающие агрегаты ВВПС погружают сваи сечением до 400×400 мм, длиной до 7 м. Возмущающая сила вибропогружателя до 320 кН, а частота 700 кол/мин. Усилие вдавливания до 190 кН.

При небольших нагрузках на сваю (500...550 кН, что имеет место при строительстве крупнопанельных домов) можно применять секционные короткие сваи без армирования сечением 250×250 или 300×300 мм с круглой полостью диаметром 160 мм, длиной 3; 4; 5 и 6 м. Такие сваи собирают из отдельных секций длиной 2; 3; 4 м или 2+3 м и наконечника длиной 1 м. Секционные сваи (рис. 6.11, *а*) позволяют вести корректировку длины по ходу погружения (с учетом местных геологических особенностей), устранить или уменьшить срезку свай при раннем отказе, что, в свою очередь, позволяет снизить расход материала и трудоемкость, полностью исключить армирование свай.

Чтобы бетонная свая не разрушалась при погружении в грунт, применяют специальное приспособление (рис. 6.11, *б*), состоящее

из стержня *1*, трубчатой винтовой детали *3*, пружины *4*, оголовка на сваю, оголовка на стержень *2*. Приспособление предназначено для передачи динамического воздействия на концевую часть сваи сплошного сечения с помощью стержня и статического — на верхние пустотелые секции с помощью пружинного устройства.

Для устройства свайных фундаментов малоэтажных зданий применяют короткие пирамидальные сваи (рис. 6.11, *г*) длиной 2 м, с верхним сечением 700×700 мм, нижним — 100×100 мм, а также забивные железобетонные блоки (рис. 6.11, *в*). Блок-свая имеет форму усеченной пирамиды с размерами: внизу 450×450 мм, вверху 200×200 мм, длиной 2 м. Блоки погружают в грунт уширенным основанием вниз, вследствие чего грунт под сваей в радиусе 1 м значительно уплотняется, и несущая способность блока-сваи повышается в глинистых грунтах до 250 кН. Блоки забивают с помощью дизель-молотов на глубину 1,6...1,9 м.

6.7. Способы ускорения погружения свай

При погружении свай большого поперечного сечения и на большую глубину в несвязных и малосвязных грунтах, а также в грунтах с включением галечника применяют **способ подмыва** грунта. Сущность его состоит в том, что у острия сваи грунт размывается водой, вытекающей под напором из насадок труб, прикрепленных к свае. Установка (рис. 6.12, *а*) для погружения свай с подмывом грунта состоит из копровой рамы, перемещаемой по рельсовому

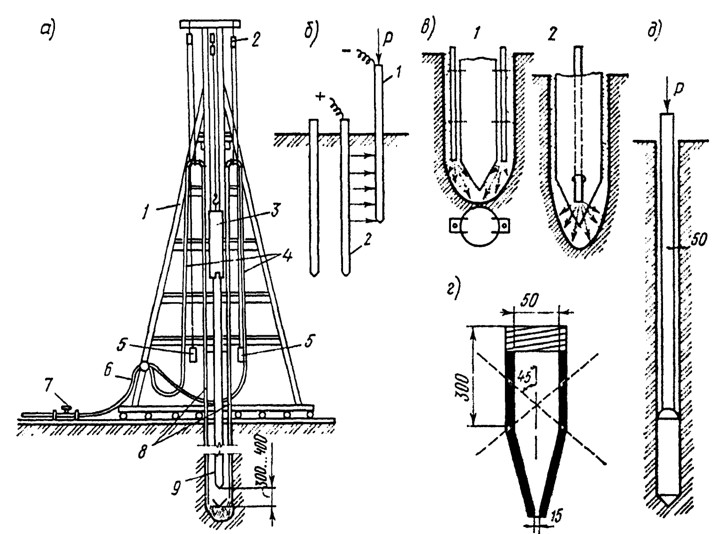


Рис. 6.12. Способы ускорения погружения свай:

а — схема установки для погружения сваи с подмывом грунта: *1* — копровая рама; *2* — блок; *3* — молот; *4* — гибкий шланг; *5* — противовес; *6* — трубка к насосу; *7* — вентиль; *8* — трубки для подачи воды; *9* — свая; *б* — с использованием свойств электроосмоса: *1* — погружаемая свая; *2* — ранее забитая свая; *в* — схема расположения трубок: *1* — прикрепление трубки к деревянной свае; *2* — сопряжение трубки с металлической полой сваей; *г* — наконечник трубки; *д* — лидирующая свая

или гусеничному ходу, молота ударного действия или вибропогружателя, системы блоков, поддерживающих шланги для подачи воды, и насоса, создающего необходимое давление. В зависимости от конструкции и размера сваи, плотности грунта, к свае прикрепляют две или четыре трубы диаметром 40...65 мм с соплами (рис. 6.12, *в*, *г*). К верхней части труб присоединяют гибкие шланги *4*, которые с помощью тросов и блоков с противовесом могут опускаться и подниматься. Для увеличения скорости вытекающей воды и ее размывающего действия наконечники труб имеют центральное выходное отверстие диаметром 10...20 мм, а в некоторых случаях — дополнительно восемь боковых отверстий. В полых сваях трубки размещаются внутри и выходят из нее через коническую часть или в самом острие. При любом размещении внутри или снаружи сваи трубки должны располагаться симметрично относительно поперечного сечения сваи. Несоблюдение этого правила приводит к неравномерному размыву грунта и отклонению сваи от проектного положения. Восстановление сваи в вертикальное положение производят уменьшением размыва грунта с той стороны, в какую она отклонилась.

В период погружения сваи по трубам должна непрерывно подаваться вода под напором, чтобы исключить их засорение грунтом. Напор в трубах принимают: для размыва песчаных грунтов 0,6... 1 МПа, глинистых 1,0...1,5 МПа. В зависимости от вида грунта и глубины погружения расход воды составляет 0,015...0,04 м^3/с. При воздействии струи воды, вытекающей из насадки трубы с большой скоростью и под большим давлением, грунт в основании сваи размывается и выносится на поверхность земли по затрубному зазору. В результате лобовое сопротивление грунта и силы трения по высоте сваи значительно уменьшаются и свая погружается в грунт под действием легких ударов молота, а иногда — собственного веса и веса молота. Не доходя проектной отметки 1...1,5 м, подмыв грунта прекращают, трубки вынимают и далее свая погружается только ударами молота или вибропогружателем. Это способствует повышению несущей способности сваи, так как ее нижняя часть находится в плотном грунте с ненарушенной структурой, а в зазорах ранее разжиженный грунт уплотняется, плотно прилегая к поверхности сваи по всей ее высоте.

Способ погружения свай с подмывом грунта имеет следующие достоинства: можно устраивать свайные фундаменты с погружением свай большой массы (до 30 т) на большую глубину; при незначительных по силе ударах молота и сотрясениях почвы, а в некоторых случаях и без них; для забивки применяют молот меньшего веса, который не разрушает головы сваи, поскольку сопротивление грунта значительно уменьшается; более свободно преодолеваются препятствия, встретившиеся на пути сваи, так как в области размытого грунта крупные включения гравия легко сдвигаются в сторону.

Ускорить процесс погружения свай возможно путем использования **электроосмоса.** Сущность его состоит в том, что вокруг по-

гружаемой сваи *1* (рис. 6.12, *б*) искусственно увеличивается влажность грунта и тем самым уменьшается сила трения. Для этого необходимо ранее забитую смежную сваю *2* подсоединить к положительному полюсу генератора постоянного тока, а погружаемую *1* — к отрицательному. Ток, перемещаясь от анода к катоду, вызывает перемещение влаги в грунте от ранее забитой сваи к погружаемой. Для лучшего прохождения тока между железобетонными сваями на ее острие надевают стальной башмак, а по высоте сваи симметрично закрепляют металлические полосы или стержни. По окончании забивки переувлажненное состояние грунта вокруг сваи ликвидируется с превращением этой сваи в анод. Влага от нее интенсивно перемещается к следующей погружаемой свае. Наибольший эффект от применения электроосмоса достигают при погружении металлических свай в плотные глинистые грунты, количество ударов молота сокращается примерно на 30 %.

Погружение свай длиной 15...20 м в условиях сухих лёссовидных и просадочных грунтов также связано с преодолением большого сопротивления. Для уменьшения его применяют: лидирующие сваи; предварительное прокалывание скважин небольшого диаметра с последующим замачиванием грунта; лидирующие скважины, устраиваемые буровым агрегатом на глубину 6...7 м диаметром немного меньше стороны сваи (в ее поперечном сечении), или лидирующие скважины, устраиваемые взрыванием удлиненных зарядов.

Лидирующие сваи (рис. 6.12, *д*) делают с утолщенной нижней частью на высоте 2 м. Это способствует снятию «лидером» силы трения на бóльшей части длины сваи, при ее погружении. Утолщение сваи образуется за счет увеличения толщины защитного слоя на 5...7 мм с каждой стороны. Бóльшее утолщение «лидера» не рекомендуется, так как в противном случае зазор между сваей и стенками скважины придется заполнять цементным раствором.

Комбинированный способ, т. е. продавливание скважины с замачиванием в них лёссового грунта и последующее погружение лидирующих свай, дает наилучшие результаты. При значительной мощности просадочного грунта этот способ позволяет увеличить скорость погружения свай в 1,8...2 раза. Лёссовый грунт после замачивания уменьшается в объеме, в результате чего резко снижается сопротивление его при погружении сваи.

Устройство лидирующих скважин буровым или буровзрывным способом также способствует уменьшению общего сопротивления грунта при погружении свай.

Способ «сваи в рубашке» применять стали в последние годы. Сущность этого способа состоит в том, что при забивке свай самопроизвольно образуются околосвайные полости глубиной до 2 м и шириной 15...50 мм. Если полости залить водой (30...40 л), то происходит их смачивание, а при ударах молота — разжижение грунта, вследствие чего сила трения значительно уменьшается в своеобразной тиксотропной рубашке. Если же эти свайные полости залить не водой, а водным раствором вяжущего, то после погружения сваи она окажется в затвердевшей полимерной «рубашке».

В зимних условиях погружение свай производят: в заранее пробуренные скважины (на глубину 200...300 мм выше линии промерзания грунта); в прорези, устроенные буровой установкой в мерзлом грунте; с протаиванием мерзлого грунта паром (подаваемым по трубам, прикрепленным к свае); с оттаиванием грунта электродами диаметром 16...20 мм (по три электрода на сваю с заливкой между ними горячей соленой воды). В последнем случае прогрев длится 16...18 ч при напряжении 100 В.

В районах вечной мерзлоты сваи погружают в пробуренные скважины, диаметр которых на 5 см больше наибольшего поперечного сечения сваи. Величина погружения сваи в такой грунт зависит от нагрузки на сваю, климатической зоны и теплового режима здания. Чтобы свая имела максимальную несущую способность, необходимо обеспечить хорошее замерзание грунта вокруг сваи на бóльшей ее высоте. Для этого в пробуренные скважины наливается глинопесчаный раствор, а затем погружается свая. Глинопесчаный раствор замерзает вокруг сваи и обеспечивает ее жесткую заделку в вечномерзлом грунте на той высоте, на которой грунт никогда не тает.

В ряде районов Севера применяют способ погружения свай в вечномерзлые грунты с предварительным оттаиванием грунта паром. Но этот способ замедляет процесс замерзания грунта вокруг сваи, что приводит к увеличению срока строительства. При наличии пучинистых грунтов в зоне деятельного слоя сваи в зимний период должны иметь минимальное сцепление с грунтом. Для этого их поверхность покрывают битумом или рулонным материалом на высоте, равной глубине таяния грунта. Если сила подъема сваи в период пучения грунта больше вертикальной нагрузки и сил сцепления с вечномерзлым грунтом, то внизу таких свай устраивают конусообразные башмаки, препятствующие их подъему.

6.8. Погружение свай завинчиванием

При строительстве мостов, речных городских причалов, подпорных стенок и вантовых креплений различных инженерных сооружений применяют (анкерные) винтовые сваи. Винтовые сваи являются эффективными при строительстве инженерных сооружений в любых грунтах, допускающих завинчивание, когда фундаменты подвергаются выдергивающим нагрузкам. Большая несущая способность винтовых свай объясняется тем, что они имеют внизу широкие лопасти, диаметр которых в 2...2,5 раза больше диаметра трубчатой сваи. При погружении винтовых свай не происходит сотрясения грунта, поэтому можно устраивать свайные фундаменты вблизи существующих зданий и сооружений.

В строительстве применяют железобетонные винтовые (сплошного или полого сечения), а также трубчатые стальные или чугунные сваи. Поскольку погружение винтовых свай осуществляют за счет их вращения, усилие от кручения хорошо воспринимается стальными трубчатыми сваями и хуже — железобетонными. По-

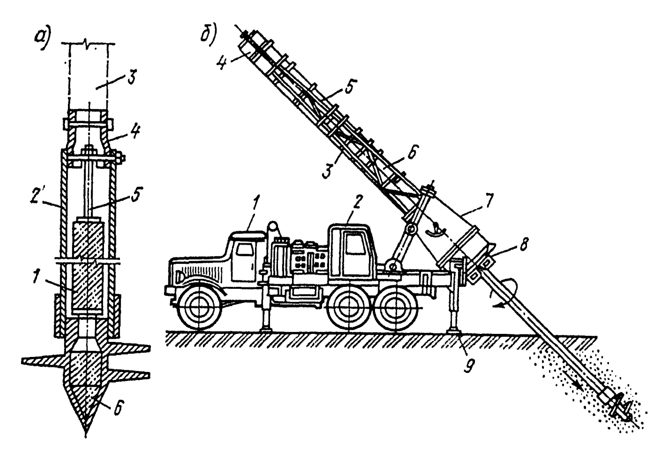


Рис. 6.13. Оборудование и установка для завинчивания свай

этому при погружении железобетонных свай используют специальные приспособления, воспринимающие на себя крутящий момент (рис. 6.13, *а*). На железобетонную сваю *1* надевают стальную съемную оболочку *2*, которая соединяется с лопастным наконечником *6*. Оболочку центрируют и закрепляют в патроне *4* с помощью болта *5*. Крутящий момент от завинчивающей машины с помощью рабочего органа *3* передается от патрона к оболочке. Самоходная установка МЗС-13 (рис. 6.13, *б*) для завинчивания свай, смонтированная на базе автомобиля *1* (КрАЗ-214), имеет рабочий орган *5*, состоящий из конусообразного основания *7*, фермы *3*, вращающейся трубы *6*, лебедки *4* и нижнего фланца *8*, к которому крепится инвентарная оболочка сваи. Рабочий орган может устанавливаться в транспортное и рабочее положение (под углом 45...90° к поверхности земли). На раме автомобиля размещены все механизмы рабочего органа и пульт управления *2*. На раме машины имеются четыре гидравлических домкрата, к штокам которых шарнирно прикреплены опорные ребристые плиты *9*. В рабочем состоянии плиты опираются на грунт. С помощью такой установки на сваю надевают инвентарную оболочку, вставляют внутрь трубы рабочего органа и завинчивают в грунт на глубину до 8 м. По окончании погружения винтовой сваи на проектную отметку оболочку снимают со сваи и извлекают из грунта.

При необходимости устройства фундаментов в реке или озере

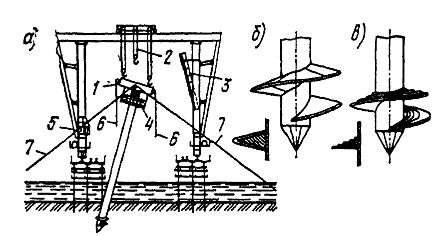


Рис. 6.14. Схема установки для завинчивания свай:

а — общий вид установки: *1* — кабестан; *2* — полиспаст; *3* — лестница; *4* — люлька, подвешанная к кабестану; *5* — пульт управления; *6* — главная расчалка; *7* — боковая расчалка; *б* — стальной (сварной) винтовой башмак с лопастью, заполненной цементным раствором; *в* — стальной (сварной) винтовой башмак с лопастью сплошного сечения

применяют способ завинчивания свай с помощью кабестана (рис. 6.14, а). Для этого справа и слева от будущего фундамента устраивают временные эстакады, по которым сваи доставляют к месту их погружения. По ним же перемещается и козловой кран. Грузовая тележка с полиспастами поддерживает кабестан в нужном положении. Кабестан состоит из подвижной части, которая с помощью специальной муфты захватывает сваю и передает ей вращение. Неподвижная часть кабестана служит опорой для электродвигателя, передающего вращение свае. Внизу металлические сваи имеют винтовые башмаки, которые бывают чугунные литые, стальные сварные с заполнением пустот цементным раствором (рис. 6.14, *б*) и стальные сварные сплошные (рис. 6.14, *в*). Диаметр стальной оболочки принимают 0,45...1,02 м с лопастями диаметром 1,4...2,5 м. В практике строительства инженерных сооружений принимают винтовые сваи длиной 18...40 м.

6.9. Устройство набивных и буронабивных свай

Набивные сваи устраивают на месте строительства здания или сооружения с укладкой бетона в подготовленную скважину. В зависимости от способа устройства скважин и укладки бетона различают следующие набивные сваи: а) сваи, для которых скважины образуют бурением; при этом может быть два способа укладки бетона — с применением обсадной трубы, извлекающейся из скважины по мере укладки бетона (сваи Страуса), и без обсадной трубы, когда укладка бетона ведется с использованием глинистого раствора; б) сваи, для которых скважины в грунте образуют погружением стальной трубы с закрытым концом, а уплотнение бетона — частым трамбованием с использованием ударов молота по трубе (частотрамбованные сваи) или с использованием вибрации от вибропогружателя (вибронабивные сваи).

Впервые набивные сваи были применены инженером А. Э. Страусом в 1899 г. в Киеве. Параллельно с бурением скважины до проектной отметки (процессы *I* и *II*) опускают обсадную трубу (рис. 6.15). По мере укладки пластичного бетона порциями на высоту не более 1 м (*III*) производят его уплотнение с одновременным подъемом обсадной трубы (*IV*). Сваи Страуса устраивают глубиной 6...12 м. При наличии высокого уровня грунтовых вод целесообразно применять способ пневматического бетонирования. До укладки бетона из скважины сжатым воздухом удаляют воду. Затем под давлением до 0,4 МПа подают бетон, который в результате избыточного давления уплотняется, а при выходе из трубы образуется утолщение сваи. Набивные сваи можно изготовлять и без обсадных труб с заполнением глинистым раствором, который препятствует обрушению стенок.

Для повышения несущей способности фундамента применяют буронабивные сваи с уширенным основанием. Скважины для таких свай устраивают специальным буровым механизмом (рис.6.16), имеющим буровое долото для образования ствола скважины и

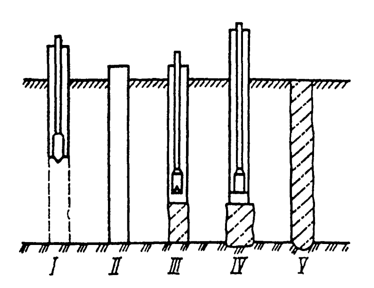


Рис. 6.15. Схема технологических процессов устройства набивной сваи Страуса

раскрывающиеся ножи для расширения основания скважины. Величина раскрытия ножей (90...40° к горизонту) регулируется механизмом, управляемым с поверхности земли. Буровая колонка внизу имеет отверстие для засасывания пульпы. После того как скважина будет готова, приступают к укладке бетона под слоем глинистого раствора. При изготовлении набивных железобетонных свай необходимо применять бетонную смесь, в которой гравий или щебень имели бы крупность не более 30 мм, а бетонных — не более 50 мм. Цемент используют со сроком начала схватывания не менее 2 ч. В скважину вводят трубу и по ней подают бетонную смесь. Укладку бетона производят по способу подводного бетонирования с постепенным вытеснением глинистого раствора из скважины. При необходимости устройства железобетонных свай в скважину до бетонирования устанавливают арматурный каркас.

Короткие набивные сваи с уширенной пятой применяют в городском строительстве. Уширение в нижней части скважины (рис. 6.17, *а*) или в двух местах по высоте (рис. 6.17, *б*) делают специальным расширителем.

Основными элементами лучевидного расширителя конструкции А. М. Ягудина и Г. А. Дружинина (рис. 6.17, *г*) являются плиты *1*, соединенные между собой горизонтальными шарнирами *2*. Под воздействием усилия гидродомкрата *3* пары плит (верхняя и нижняя), как клинья, образуют лучевидное уширение за счет уплотне-

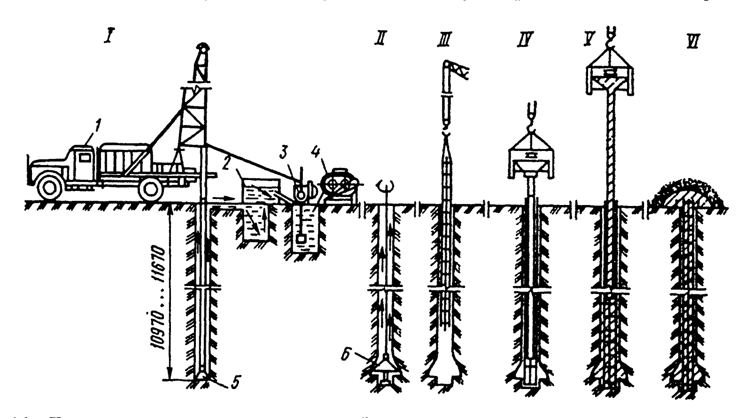


Рис. 6.16. Технологическая схема устройства буронабивных свай с уширенной пятой под глинистым раствором:

I — бурение скважины под глинистым раствором; *II* — устройство уширения с помощью расширителя; *III* — установка арматурного каркаса; *IV* — установка трубы для бетонирования и вибробункера; *V* — бетонирование с одновременным подъемом трубы; *VI* — изготовленная буронабивная свая; *1* — буровой станок УРБ-ЗАМ; *2* — установка для очистки глинистого раствора; *3* — насос; *4* — глиносмеситель; *5* — буровое долото; *6* — раздвижной нож

ния грунта. При обратном движении гидродомкрата плиты занимают исходное положение.

Для устройства уширенных пят используют камуфлетные взрывы (рис. 6.17, *в*).

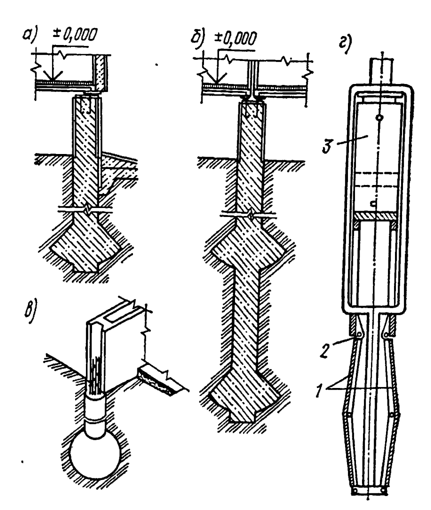


Рис. 6.17. Устройство свайных фундаментов

Большое распространение за рубежом и в последние годы у нас получили буронабивные сваи, которые изготовляют агрегатом французской фирмы «Беното». Состоит он из станины, на которой размещено все оборудование, и мачты для опускания обсадной трубы в период разработки грунта и подъема ее при укладке бетонной смеси. Грунт в обсадной трубе разрабатывается ударно-канатным способом под воздействием грейфера-долота, который в раскрытом виде падает с определенной высоты на грунт и своими зубьями рыхлит его. В момент подъема грейфера его лопасти смыкаются и рыхлый грунт подается в раздаточный бункер, а из него попадает в автосамосвалы. С помощью пары гидравлических домкратов 7 (рис. 6.18, *а*) трубе придается возвратно-вращательное движение, а другая пара гидродомкратов *8* вдавливает трубу в грунт с усилием до 300 кН. По окончании разработки грунта в скважину устанавливают арматурный каркас (если он предусмотрен проектом) и укладывают бетонную смесь с одновременным извлечением обсадной трубы теми же двумя гидродомкратами *8*. Поступательно-вращательное движение трубы уменьшает силу трения в зоне ее контакта с грунтом и бетоном.

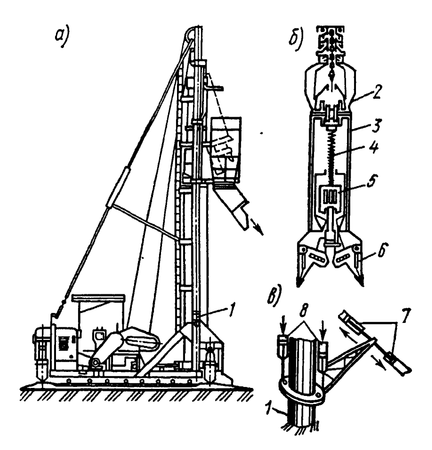


Рис. 6.18. Буровой агрегат «Беното:»

а — общий вид агрегата; *б* — схема грейфер-долота; *в* — схема зажимного кольца с домкратами; *1* — обсадная труба; *2* — грейфер; *3* — корпус грейфера; *4* — механизм для открывания грейфера; *5* — механизм для закрывания грейфера; *6* — грейферные челюсти; *7* — гидравлические домкраты для вращения обсадной трубы; *8* — то же, для поступательного движения обсадной трубы

С помощью агрегата «Беното» можно устраивать как вертикальные, так и наклонные скважины диаметром до 1,2 м, глубиной до 80 м. В необходимых случаях в основании сваи можно образовать уширение диаметром 1,5...2,5 м. Производительность агрегата

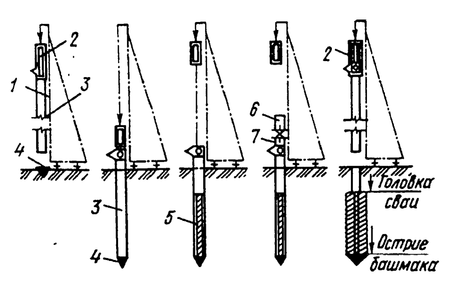


Рис. 6.19. Технологическая схема устройства частотрамбованных свай

в слабых грунтах до 15 м/ч, а в скальных породах до 1 м/ч.

Частотрамбованные сваи устраивают с применением обсадной трубы. Для этого в точке устройства сваи на грунт укладывают стальной башмак *4* и на него устанавливают обсадную трубу *3* с помощью копра *1* (рис. 6.19). Молотом ударного действия *2* трубу забивают в грунт на проектную отметку. Затем в обсадную трубу вставляют арматурный каркас *5* и производят укладку бетона из бадьи *6* и воронки *7*. Полную загрузку трубы выполняют за два-три приема. За первый прием заполняется не более половины ее высоты, после чего по трубе делают два-три удара для осадки и уплотнения бетонной смеси. При дальнейшей укладке бетонной смеси производят ее трамбование с одновременным извлечением трубы. Последнюю операцию выполняют тем же молотом, который при своем движении вверх ударяет по тяговым захватам, прикрепленным к наголовнику обсадной трубы. Работа молота отрегулирована таким образом, что он автоматически обеспечивает подъем трубы вверх на 40...50 мм, а при падении вниз — опускание ее на 20...25 мм. При непрерывно совершаемых движениях трубы бетонная смесь выходит из нее, уплотняется и заполняет все сечение скважины. Процесс автоматического трамбования бетонной смеси продолжается до полного извлечения из грунта обсадной трубы. Частотрамбованные сваи устраивают на расстоянии не менее 1,5 м друг от друга. Укладка и уплотнение бетона производятся через сваю, а устройство пропущенных свай производится после того, как бетон в смежных сваях будет иметь не менее 25 % проектной прочности. Достоинство частотрамбованных свай — большая скорость укладки и уплотнения бетона. Весь процесс устройства одной сваи занимает 2...3 ч.

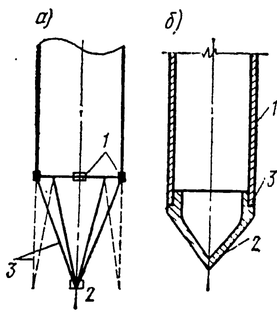


Рис. 6.20. Наконечники обсадных труб:
а — лепестковый (закрытый и открытый); *1* — шарниры; *2* — кольцо; *3* — лепесток; *б* — чугунный башмак; *1* — труба; *2* — башмак; *3* — уплотняющая набивка

Вибронабивные сваи осуществляют посредством опускания в грунт обсадной трубы. Бетонная смесь в ней уплотняется с использованием вибрации. Для уменьшения сопротивления грунта в период погружения трубы на ее конец надевают конический башмак лепестковый (рис. 6.20, *а*) или сплошной чугунный (рис. 6.20, *б*). Лепестковый башмак состоит из четырех металлических лепестков, соединенных друг с другом внизу кольцом. При подъеме трубы кольцо остается в грунте, лепестки откры-

Рис. 6.21. Схема устройства вибронабивной сваи с уширенной пятой

ваются, и бетон плотно заполняет скважину. Недостаток сплошного чугунного башмака состоит в том, что при извлечении трубы он остается в грунте, и тем самым увеличивается расход металла. После заполнения обсадной трубы пластичным бетоном включают вибропогружатель, бетонная смесь уплотняется с постепенным подъемом трубы копром или краном.

Для повышения несущей способности слабых грунтов аналогично устраивают и гравийно-песчаные сваи.

Вибронабивные сваи длиной 6...12 м делают без уширения основания и с уширенной пятой (рис. 6.21). Последний тип свай устраивают тем же оборудованием, что и сваи без уширения (труба с чугунным наконечником *4*). Для образования уширения сваи используют специальную вибротрамбовку *3*, которая опускается в обсадную трубу *2* на жесткой штанге *1* после загрузки в скважину бетона на высоту до 1 м. Верхний конец штанги крепится к вибропогружателю. Под воздействием вибрации, собственного веса вибропогружателя, штанги и трамбовки бетон оказывает давление на стенки скважины, уплотняет грунт и образует грушевидное расширение *5*. После устройства уширенной пяты трамбовка извлекается, а труба заполняется бетонной смесью. При работе вибропогружателя бетон уплотняется, а трубу постепенно поднимают краном. Верхнюю часть вибронабивных свай армируют каркасом.

Сваи с камуфлетной пятой применяют для увеличения ее несущей способности. При этом сваи делают из монолитного бетона и комбинированные, когда из бетона изготовляют только камуфлетную пяту, а сверху нее вставляют заранее заготовленную железобетонную сваю. Технология изготовления монолитных свай с каму-

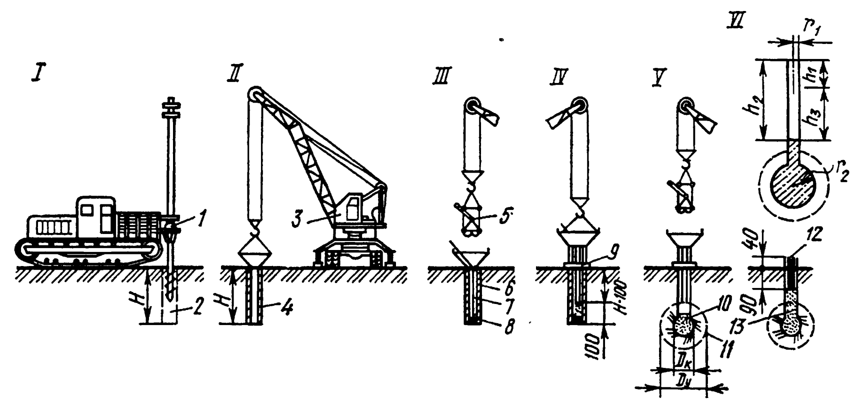


Рис. 6.22. Технологическая схема устройства набивных свай с камуфлетной пятой

флетной пятой показана на рис. 6.22. Предварительно с помощью навесного бурового станка *1* (*I*) пробуривают скважину *2*, в которую с помощью крана *3* опускают обсадную трубу *4* с приваренной к ней воронкой (*II*). На дно скважины укладывают взрывчатое вещество *8*. К капсюлю электродетонатора подсоединяют электропровод *7*. Взрывчатое вещество сверху прикрывают слоем бетона литой консистенции *6*, подаваемого бадьей *5* (*III*). Если труба была опущена на дно скважины, то перед взрывом ее поднимают на высоту 1,2...1,8 м над зарядом и сверху закрепляют хомутом *9* (*IV*). При взрыве заряда образуются камуфлетная пята *10* диаметром $D_к$ и уплотненная грунтовая оболочка *11* диаметром $D_у$ (*V*). По замеру уровней бетона в обсадной трубе до взрыва h_1 и после него h_2 определяют диаметр образовавшегося камуфлетного уширения по формуле

$$\pi r_1^2 h_3 = 3/(4\pi r_2^3),$$

$$r_2 = \sqrt[3]{1{,}33 r_1^2 h_3},$$

где r_1 — радиус ствола скважины, м; r_2 — радиус уширения шаровой пяты сваи после взрыва, м; h_3 — разность отметок уровня бетона в скважине после и до взрыва, м, ($h_3 = h_2 - h_1$).

После взрыва ствол сваи *13* бетонируют до уровня земли с установкой сверху арматурных стержней *12* для лучшего соединения сваи с ростверком (*VI*). В стволе сваи бетонная смесь с осадкой конуса 5...10 см уплотняется глубинным электровибратором.

Камуфлетные уширения устраивают с применением взрывчатого вещества как дробящего, так и дробяще-метательного действия с сосредоточенным или кольцевым расположением заряда. Необходимая масса заряда ВВ для образования камуфлетного уширения набивных свай $m = k_п D^3$, где m — масса заряда ВВ, Н; $k_п$ — коэффициент сопротивления грунта взрыву, при тугопластичных глинистых грунтах $k_п = 1{,}2$, а при полутвердых $k_п = 1{,}4$; D — диаметр камуфлетного уширения, м.

Одно звено рабочих может производить групповое камуфлетирование только в устойчивых грунтах и не более чем в трех скважинах, расположенных друг от друга на расстоянии не менее двух диаметров камуфлетного уширения. Скважины, расположенные от места взрыва на расстоянии менее 3 м, должны быть закреплены обсадными трубами на всю их высоту. Все процессы, связанные с устройством камуфлетных уширений в полых сваях и оболочках, должны выполняться непрерывно.

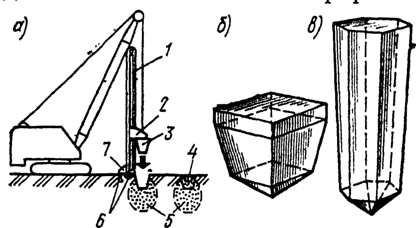


Рис. 6.23. Схема устройства вытрамбованных котлованов:

а — навесное оборудование на экскаваторе: *1* — направляющая штанга; *2* — каретка; *3* — трамбовка; *4* — фундамент; *5* — уплотненная зона грунта; *6* — зубья; *7* — плита; *б* — трамбовка с заостренной подошвой; *в* — то же, для устройства удлиненных фундаментов

Фундаменты в вытрамбованных котлованах устраивают при наличии просадочных грунтов, а также в водонасыщенных лёссовых и глинистых грунтах. В этом случае производится уплотнение грунта механической трамбовкой (рис. 6.23, *а*), имеющей форму будущего фундамента (рис. 6.23, *б*). Под воздействием многократно падающей трамбовки грунт уплотняется и образуется котлован, который затем заполняется бетонной смесью.

6.10. Охрана труда

Пути передвижения копра должны устраиваться с учетом требований безопасного выполнения свайных работ. Состояние пути проверяется перед началом каждой смены и в процессе работы. Копер на рельсовом ходу во время работы должен быть закреплен противоугонными устройствами. Монтаж и демонтаж копров следует производить под руководством мастера в соответствии с имеющейся в паспорте схемой или по проекту, утвержденному главным инженером строительства.

При подъеме копра из горизонтального в вертикальное положение в зоне, равной длине копра плюс 5 м, прекращаются все работы. На ферме копра указывается предельный вес молота и поднимаемой сваи. Копер должен иметь ограничитель подъема. Сваи к копру подтаскиваются только через нижний отводной блок. Если копер имеет два крюка, то каждым из них производится раздельный подъем сваебойного снаряда и сваи. Совместный подъем разрешается только при достаточной грузоподъемности лебедки. Поднимаемая свая удерживается от раскачивания и кручения с помощью расчалок. Наклонные сваи погружаются в грунт только универсальным или специально приспособленным копром. До начала работы свайного молота подается звуковой сигнал. Во время перерыва и по окончании работы молот опускают на твердое основание. Нельзя оставлять молот и сваю в подвешенном состоянии.

Пар или сжатый воздух должны подаваться к сваебойному агрегату по жесткому паровоздушному трубопроводу с шарнирным соединением. В пределах рабочей зоны копра применяют минимальной длины гибкие паропроводные шланги высокого давления. Шланги, подводящие пар или сжатый воздух к копру, испытывают на давление, превышающее рабочее в два раза. Устойчивое положение плавучего копра при работе обеспечивают расчалки. Рабочие плавучего копра обеспечиваются спасательными средствами (кругами, поясами) и, кроме того, должны иметь постоянную связь с берегом с помощью дежурной лодки, катера или по надежному пешеходному мостику.

Со льда забивать сваи разрешается только в соответствии со специальным проектом производства работ, утвержденным главным инженером строительства. На льду можно складывать сваи при соответствующей прочности ледяного покрова и не ближе 25 м от места забивки. Сделанные во льду лунки для погружения свай должны быть сразу же закрыты щитами.

При погружении свай вибропогружателями необходимо следить за состоянием болтовых соединений, сварных швов наголовника, валов и электрокабелей. Нельзя погружать сваю при неплотном ее соединении с наголовником, а также при наличии стука и боковых колебаний. В работу вибропогружатель включается лишь после того, как он будет опущен и жестко с ней соединен, а поддерживающие полиспасты ослаблены.

Глава 7. КАМЕННЫЕ РАБОТЫ

7.1. Общие сведения

Из каменных материалов можно возводить фундаменты и стены гражданских зданий, опор мостов, проезжую часть автомобильных дорог, набережные, подпорные стенки и другие инженерные сооружения. Кладку каменных конструкций осуществляют с применением естественных и искусственных камней. Для возведения фундаментов гражданских зданий и инженерных сооружений используют естественный камень — известняк, песчаник, гранит и др. Строительство фундаментов из бутового камня требует больших затрат ручного труда. В зимний период времени возведение таких фундаментов увеличивает стоимость строительства. Для устранения этих недостатков советские ученые создали индустриальные способы возведения фундаментов гражданских зданий из сборных элементов.

Поскольку фундаменты воспринимают, как правило, большие нагрузки и находятся во влажной среде, материал фундаментов должен быть прочным, морозостойким и водонепроницаемым.

К стенам надземной части гражданских зданий предъявляются иные требования, чем к фундаментам, а поэтому для их устройства необходим и другой материал. Стены могут выполнять функции несущих и ограждающих конструкций. Материал стен должен быть не только прочным, морозостойким, легким, но обладать определенными теплотехническими свойствами. Таким требованиям удовлетворяет искусственный камень: кирпич керамический, кирпич пустотелый (пластического и полусухого прессования) — облегченный многодырчатый, кирпич силикатный, керамические камни, а также камни и блоки из легких ячеистых бетонов и керамзитобетона.

Д-ра техн. наук А. А. Шишкин, В. Н. Сизов и другие впервые разработали теорию твердения растворов в зимних условиях, позволившую ликвидировать сезонность каменных работ.

В области технологии кирпичной кладки новаторы производства каменщики П. С. Орлов, В. В. Королев, С. С. Максименко, Ф. Д. Шавлюгин, Ф. И. Мальцев и другие предложили новые методы, в том числе поточно-расчлененный способ кирпичной кладки, разработали новые инструменты и приспособления, а также способы пакетного и контейнерного транспортирования кирпича.

Для механизации технологических процессов возведения кирпичных стен и уменьшения трудовых затрат в 40-х годах инженеры А. И. Кучеров и В. С. Ребриков предложили возводить стены гражданских зданий из кирпичных блоков.

7.2. Основные правила разрезки каменной кладки

Каменные материалы хорошо работают на сжатие и плохо на растяжение и изгиб. При устройстве каменных конструкций необходимо обеспечить такие условия, при которых можно было бы в максимальной степени использовать несущую способность камня. Для этого необходимо соблюдать три основных правила разрезки кладки.

Первое правило разрезки: внешняя сила, действующая на кладку, должна быть перпендикулярна плоскости соприкосновения камней, а горизонтальный шов между ними — полностью заполнен раствором. На рис. 7.1 показаны примеры отступления от этого правила, вследствие чего в кладке появляется растягивающее усилие. Если внешняя сила P перпендикулярна плоскости соприкосновения камней, но шов не полностью заполнен раствором, то в камне K_1 (рис. 7.1, *а*) возникнет изгибающий момент с возможным появлением трещины. Раствор может быть уложен по всей длине горизонтального шва, но без полного его заполнения (рис. 7.1, *б*). Действующая в этом случае на кладку внешняя сила, не будучи перпендикулярной плоскости соприкосновения камней, вызовет в камне K_1 растягивающие усилия.

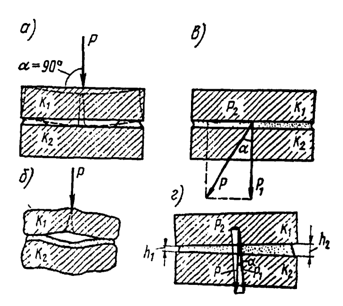
На каменную кладку может действовать сила P и под углом α (рис. 7.1, *в*). При этом сила P_1 вызывает в кладке сжатие, а P_2 — сдвиг. Для обеспечения устойчивости и монолитности кладки необходимо соблюдать условие, при котором сдвигающая сила P_2 была бы меньше силы трения между камнями, т. е.

$$P_1 f > P_2; \qquad P_1 = P\cos\alpha;$$
$$P_2 = P\sin\alpha; \qquad P\cos\alpha f \geqslant P\sin\alpha.$$

Разделив обе части равенства на $P\cos\alpha$, получим $f \geqslant \operatorname{tg}\alpha$, где f — коэффициент трения камня по камню. Известно, что коэффициент трения $f = \operatorname{tg}\varphi$, где φ — угол трения камня по камню, $\varphi = 30...35°$. Отсюда $\operatorname{tg}\varphi \geqslant \operatorname{tg}\alpha$ или $\varphi \geqslant \alpha$ при $\varphi = 30...35°$, $\alpha \leqslant 30...35°$.

Для обеспечения кладке двукратного запаса прочности необходимо, чтобы $\alpha \leqslant 15...17°$.

Сила может быть направлена перпендикулярно плоскости постели камня K_1 и под углом α к плоскости камня K_2. Сдвигающая сила P_2 может возникнуть и при разной толщине шва, когда $h_2 > h_1$ (рис. 7.1, *г*).



7.1. Воздействие внешних сил на кладку

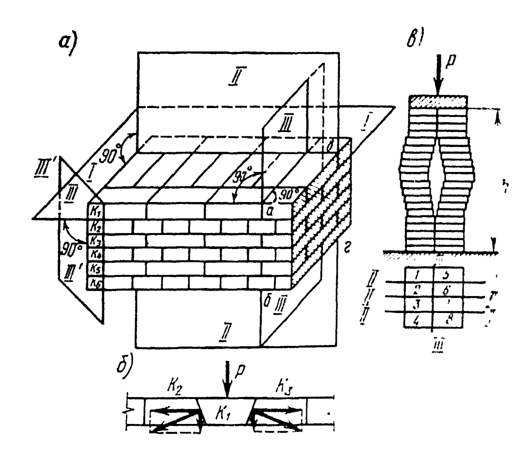


Рис. 7.2. Правила разрезки кладки:

а — разрезка кладки по плоскостям *I-I*, *II-II*, *III-III*; *б* — неправильная разрезка кладки; *в* — влияние перевязки вертикальных швов на устойчивость каменной конструкции

Второе правило разрезки: при возведении каменных конструкций необходимо производить укладку камней в горизонтальной плоскости *I—I* с образованием вертикальных продольных швов плоскостью *II—II* и поперечных швов — плоскостью *III—III* (рис. 7.2, *а*). Все три плоскости должны быть взаимно перпендикулярны, а плоскость *III—III* — перпендикулярна наружной поверхности стены.

Для увеличения прочности кладки отдельные камни не должны иметь острых углов. Если в стене имеется камень K_1 трапециевидного сечения (рис. 7.2, *б*), то под действием вертикальной нагрузки *P* от стремится раздвинуть смежные камни K_2 и K_3. Чтобы исключить появления в швах кладки горизонтальных усилий, необходимо применять такие камни, у которых все плоскости были бы взаимно перпендикулярны. Если плоскость *III—III* займет положение *III′—III′*, то камни K_1, K_2, K_3 и т. д. будут отрезаны от массива и могут выпадать из стены (см. рис. 7.2, *а*).

Третье правило разрезки: продольные и поперечные вертикальные швы должны быть перекрыты вышележащими рядами в соответствии с выбранной системой перевязки. Если сложить столб 2×2 кирпича (рис. 7.2, *в*) и разрезать его вертикальными плоскостями *II—II* и *III—III* на всю высоту, то в плане образуется восемь самостоятельных столбиков, ничем не связанных между собой. При определенной величине силы *P* в столбе высотой *h* может возникнуть расслоение монолита кладки. От продольного изгиба отдельные столбики *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8* начнут выпучиваться, что приведет к потере общей несущей способности столба.

Установлено, что прочность кладки начинает уменьшаться, если высота отдельных столбиков превышает шесть рядов. Кладка, в которой перевязаны продольные вертикальные швы через шесть рядов, имеет такую же прочность, как и цепная кладка с перевязкой продольных вертикальных швов в каждом ряду.

7.3. Растворы для каменной кладки

При возведении любой каменной конструкции необходимо обеспечить жесткую связь между отдельными ее камнями. Монолитность в кладке образуется за счет заполнения всех швов раствором, который после твердения увеличивает сцепление по поверхно-

сти соприкосновения камней. Раствор необходим для равномерного распределения нагрузки, особенно между отдельными камнями неправильной геометрической формы. Стены жилых зданий помимо прочности должны обладать водонепроницаемостью и непродуваемостью. Полное заполнение раствором горизонтальных и поперечных вертикальных швов повышает теплотехнические свойства наружной стены.

В зависимости от назначения каменных конструкций для их возведения применяют растворы: *цементные, известковые, глиняные*, а также *смешанные (цементно-известковые, цементно-глиняные)* и др. Цементные растворы используют при возведении сводов, колонн, простенков в нижних этажах зданий, воспринимающих большие нагрузки, а также фундаментов мостовых опор, подпорных стенок набережных, фундаментов зданий, возводимых на грунтах, насыщенных водой. Цементные растворы обладают меньшей удобоукладываемостью, т. е. меньшей способностью (чем смешанные растворы) заполнять неровности, имеющиеся на камне. Работая на цементном растворе, каменщику труднее образовать горизонтальную постель одинаковой толщины.

Удобоукладываемость зависит от подвижности раствора, т. е. от его состава, крупности применяемого песка и водоцементного отношения. Крупность песка в растворе кирпичной кладки не должна превышать 2,5 мм, а в бутовой — 5 мм.

Подвижность раствора определяют величиной осадки стандартного конуса и принимают: для кладки из полнотелого кирпича, бетонных и легких природных камней — 90...130 мм; для кладки из керамических камней и пустотелого кирпича — 70...80 мм; бутовой кладки из рваного камня «под лопатку» — 40...70 мм; вибрированной бутовой кладки — 10...30 мм и бутовой кладки под залив — 130...150 мм.

В практике городского строительства в соответствии с прочностью на сжатие применяют в летних условиях растворы М4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 и в зимних условиях — М10, 15, 25, 35, 50. 100, 150, 200, 300.

В зависимости от вида заполнителя различают растворы тяжелые (холодные) $\rho = 1500$ кг/м^3, имеющие в качестве заполнителя силикатный песок, и легкие (теплые), с $\rho < 1500$ кг/м^3 — шлаковый, керамзитовый или пемзовый пески.

При возведении каменных конструкций, расположенных в грунтах с агрессивными водами, нельзя применять растворы, приготовленные на портландцементах. В этих случаях используют растворы на сульфатостойких портландцементах или сульфатошлаковых цементах, более стойких к воздействию агрессивных вод.

В смешанном растворе глина и известь выполняют роль пластификатора, придавая ему необходимую пластичность и подвижность. Но применение извести в больших объемах повышает стоимость раствора. Поэтому целесообразно использовать в малых количествах органические поверхностно-активные вещества, такие,

как ЦНИИПС-1, ССБ (сульфитно-спиртовая барда), мылонафт и др. Так, для приготовления цементно-песчаного раствора с пластификатором ЦНИИПС-1 необходимо пасту растворить в воде до 5 %-ной концентрации и влить в растворосмеситель. На 1 м³ раствора расход пасты составляет всего лишь 0,2 кг, т. е. для укладки в конструкции 1 млн. шт. кирпича необходимо 200 кг пластификатора, что позволяет сэкономить около 70 т извести.

Применяя пластификаторы, необходимо иметь в виду, что они уменьшают плотность раствора. Под влиянием вертикальной нагрузки такие растворы больше сжимаются, при этом прочность кладки может снизиться до 15 % по сравнению с кладкой, выполненной на цементно-известковом растворе (с одинаковым расходом цемента).

7.4. Бутовая кладка

Бутовую кладку возводят в тех районах, где известняк, песчаник, доломит являются местным материалом. Бутовую кладку выполняют из камней неправильной формы (рваный камень) и постелистых (плитных) камней. Первый тип кладки применяют для устройства фундаментов и стен подвалов гражданских зданий, а второй — для конструкций зданий и сооружений, воспринимающих большие вертикальные нагрузки.

Кладку из камней производят «под лопатку», «под залив» и с облицовкой стен кирпичом. Бутовую кладку «под лопатку» выполняют горизонтальными рядами высотой до 25 см с укладкой камней на предварительно разложенный раствор. Первый ряд выкладывают из крупных постелистых камней насухо (без раствора) непосредственно на материковый грунт. Для повышения несущей способности кладки вертикальные швы перевязывают по двухрядной системе (рис. 7.3, *а*), т. е. лицевые камни в каждом ряду укладывают поочередно то длинной, то короткой стороной. Вертикальные поперечные швы перевязывают камнями вышележащего ряда. Пространство между верстовыми рядами заполняют более мелкими камнями с расщебенкой пустот.

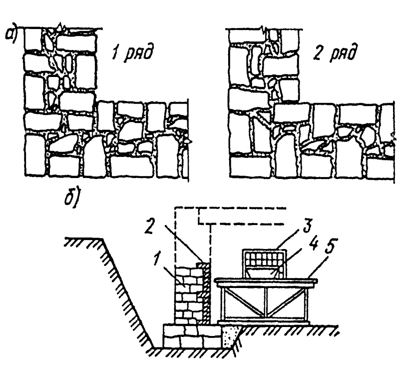


Рис. 7.3. Кладка из естественных камней:

а — бутовая кладка; *б* — бутовая кладка с облицовкой стен кирпичом; *1* — бутовая кладка; *2* — облицовка кирпичом; *3* — контейнеры с камнем и поддоны с кирпичом; *4* — ящики с раствором; *5* — подмости

Внутреннюю плоскость стен подвала облицовывают кирпичом (рис. 7.3, *б*) или выкладывают с подбором камней и околкой у них острых углов. Облицовку каменных стен производят кирпичом с укладкой 4...5 ложковых рядов и одного тычкового, который обеспечивает хорошую связь

с массивом бутовой кладки. Облицовку стены выполняют одновременно с бутовой кладкой.

Кладку «под залив» применяют для малоэтажных зданий (до двух этажей). При наличии подвала в здании кладку фундаментов «под залив» выполняют в опалубке, а в траншее (в плотных грунтах) — враспор с ее вертикальными стенками. Камни укладывают в стену без строгого соблюдения перевязки швов и устройства верстовых рядов. Поэтому такая кладка является менее трудоемкой и для ее выполнения требуются каменщики более низкой квалификации. Кладку ведут горизонтальными рядами высотой 150...200 мм. На слой раствора (кроме первого ряда) укладывают камни с тщательной расщебенкой промежутков между ними. Сверху каждого последующего ряда заливают жидкий раствор, заполняющий все пустоты между камнями.

С помощью автомобильного крана на рабочее место каменщиков раствор подают в металлических ящиках или в раздаточном бункере, а камень — в контейнерах. При малых объемах работ и в стесненных условиях раствор подают по лоткам, а камень — по желобам.

Бутовую кладку ведет звено «двойка» в составе: каменщика 4-го разряда, выполняющего кладку с расщебенкой, и каменщика 3-го разряда, подающего на стену камень и раствор. При толщине стены более 80 см кладку ведет звено «тройка». Второй ярус стен подвала возводят с инвентарных подмостей.

Бутовая кладка требует больших затрат ручного труда. Для обеспечения перевязки швов камни необходимо подбирать нужных размеров и формы, окалывать острые углы, выступающие из плоскости возводимой стены.

7.5. Бутобетонная кладка

Бутобетонная кладка менее трудоемка, чем бутовая, и выполняется из бетонной смеси и втапливаемых в нее камней в количестве не более 50 % от объема возводимой конструкции.

Бутобетонную кладку возводят послойно с укладкой горизонтального слоя бетонной смеси толщиной 150...200 мм и камней размерами не более 200...300 мм и не более $^1/_3$ толщины стены. Для лучшего соединения с бетоном камни должны находиться друг от друга и от наружной поверхности стены не менее чем на 30...50 мм. Сверху камней укладывают следующий слой бетонной смеси (с осадкой конуса 30...50 мм), который уплотняют поверхностным вибратором. Бутобетонную кладку фундаментов возводят в опалубке, а при устройстве неглубоких фундаментов небольшой толщины — враспор с вертикальными стенками траншей (в плотных грунтах).

Стены подвалов выкладывают поярусно. Для этого щиты внутренней опалубки устанавливают на высоту каждого яруса, а внешней — на высоту стены (рис. 7.4). К месту укладки бетонную смесь подают автокраном в бадье, а при возведении стен неболь-

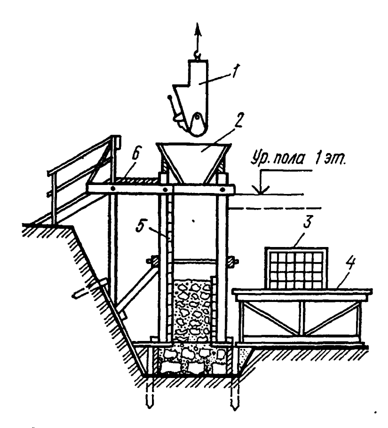


Рис. 7.4. Бутобетонная кладка:
1 — бадья для подачи бетона; 2 — воронкообразный лоток; 3 — бутовый камень в контейнере; 4 — панельные подмости; 5 — опалубка; 6 — рабочий настил

шой толщины бетон разгружают в воронкообразный лоток 2 длиной 3...4 м. На делянке звена каменщиков может быть два таких лотка, которые в процессе работы переставляют по фронту работ. Бутовый камень на рабочее место каменщика подают в контейнерах автомобильным краном.

Бутобетонную кладку обычно ведет бригада, состоящая из 8 человек: 2 каменщика-бетонщика укладывают бутовые камни, 2 подсобных рабочих заготовляют и подают камень к месту кладки, 2 бетонщика укладывают и уплотняют бетонную смесь, 2 плотника устанавливают и разбирают опалубку.

Бутобетонная кладка является более прочной, менее трудоемкой (чем бутовая), более простой в процессе производства работ и поэтому ее могут выполнять менее квалифицированные каменщики. Недостаток бутобетонной кладки — большой расход цемента.

7.6. Тесовая кладка

При строительстве эстакад, путепроводов, подпорных стенок, набережных, памятников и других монументальных сооружений применяют тесовую кладку (рис. 7.5). Выполняют ее из прочных тесаных камней правильной формы. Фасадную плоскость камней обрабатывают «под шубу» в рамку (см. рис. 7.6, *а*) или грубо окалывают. Облицовочная плита, отесанная по всей плоскости, показана на рис. 7.6, *б*.

Обработку наружной поверхности камня «под шубу» и другую фактуру производят пневматическими молотками, снабженными набором инструментов (бучарды, скарпеля и т. д.). В ряде случаев гранитные и мраморные камни шлифуют и полируют. Каменные конструкции, воспринимающие не только вертикальные, но и горизонтальные усилия, устраивают из прочных и хорошо обработанных камней. Соединяют их друг с другом (между рядами по вы-

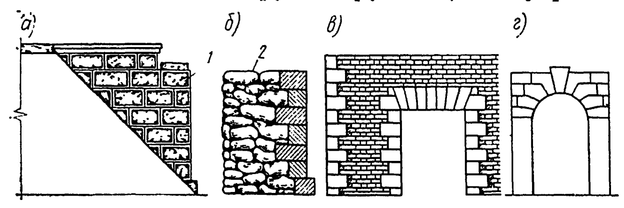


Рис. 7.5. Облицовка тесаным камнем:
а — опоры моста: *1* — вид сбоку; *2* — разрез; *б, в, г* — оконнные проемы

соте) с помощью пиронов *1* (рис. 7.6, *в*), а в плоскости каждого ряда — скобками *2* или планками *3* в виде ласточкина хвоста (рис. 7.6, *г*). Все закладные стальные элементы должны иметь заводское антикоррозионное покрытие.

При облицовке стен плитами из искусственных или естественных камней крепление их производят с помощью анкеров, костылей или металлических стержней.

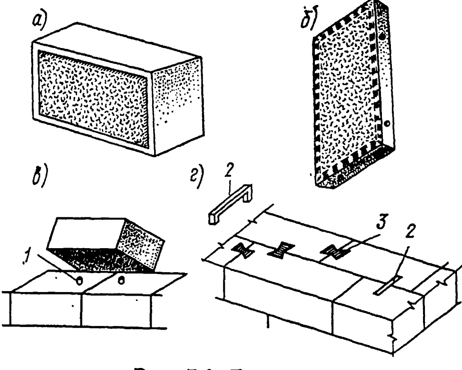


Рис. 7.6. Тесовая кладка

Достоинство тесовой кладки состоит в том, что она долговечна (при минимальных эксплуатационных затратах) и имеет красивый внешний вид.

7.7. Основные системы перевязки каменной кладки

Каменные конструкции необходимо возводить при строгом соблюдении определенной системы перевязки швов.

Строительный кирпич и камни правильной формы имеют *постель 7, ложковую 9* и *тычковую 8 стороны,* а образованные этими сторонами ряды в кладке называют ложковыми или тычковыми (рис. 7.7,*а*). Наружную и внутреннюю плоскости стен образуют наружные *2* и внутренние *3* верстовые ряды. Камни, уложенные между наружными и внутренними верстами, образуют забутку *4*. Швы в стене, проходящие параллельно наружной плоскости, называют продоль-

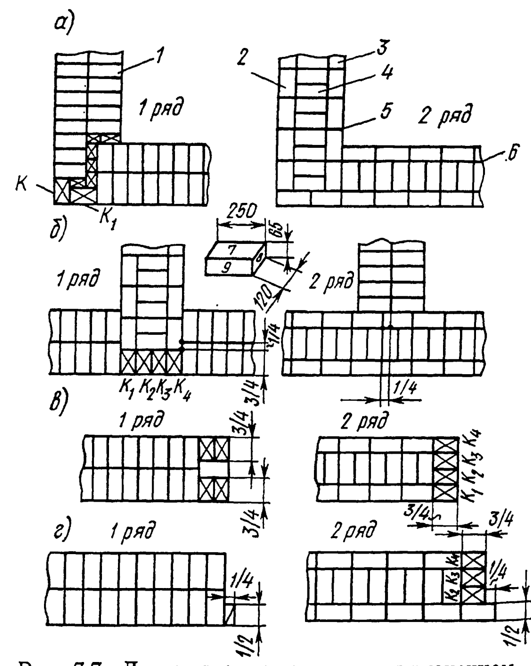


Рис. 7.7. Двухрядная кладка с применением цепной системы перевязки в стенах толщиной в 2 кирпича:

а — угла стен; *б* — примыкания стен; *в* — вертикального откоса без четверти; *г* — вертикального откоса с четвертью

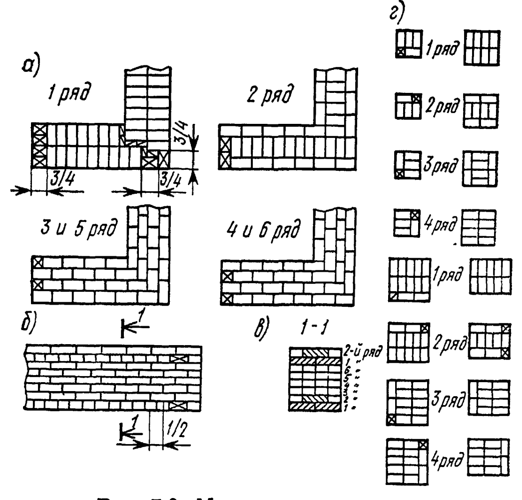


Рис. 7.8. Многорядная кладка:
а — планы *1, 2, 3, 4, 5* и *6*-го рядов многорядной кладки; *б* — фасад стены многорядной кладки; *в* — поперечный разрез стены многорядной кладки; *г* — трехрядная система перевязки

ными *6*, а перпендикулярно ей — поперечными *5*.

В практике городского строительства при кладке стен наибольшее распространение получили две основные системы перевязки: двухрядная (цепная) и многорядная.

Двухрядная (цепная) кладка состоит из двух повторяющихся рядов: тычкового *1* (1 ряд) и ложкового *2* (2 ряд). Характерная особенность двухрядной кладки состоит в том, что она обеспечивает перевязку всех поперечных и продольных вертикальных швов. С фасадной стороны стены вертикальные поперечные швы тычкового ряда смещены на 1/4 кирпича относительно поперечных швов ложкового ряда и тем самым все кирпичи связаны между собой как бы в единую «цепь».

Для обеспечения перевязки поперечных швов в углу 1 тычкового ряда укладывают два трехчетвертных кирпича K_1, K_2 и шесть четверок (размером 1/4 кирпича). Во втором ложковом ряду укладывают только целые кирпичи со смещением поперечных швов на 1/4 кирпича. Непрерывное сочетание по высоте стены 1 и 2 рядов обеспечивает перевязку всех поперечных и продольных вертикальных швов. Двухрядную систему перевязки швов применяют в местах примыкания внутренних стен к наружным, при устройстве вертикальных откосов без четвертей и с ними, а также при взаимном пересечении стен между собой (рис. 7.7, *б*, *в*, *г*).

Многорядную кладку осуществляют из шести периодически повторяющихся рядов, из которых первый ряд тычковый, а остальные пять рядов — ложковые (рис. 7.8, *а*). В поперечном разрезе стена многорядной кладки состоит как бы из четырех отдельных стенок толщиной в 1/2 кирпича (рис. 7.8, *в*), перекрытых сверху тычковым рядом следующей группы. Поэтому вертикальные продольные швы совпадают друг с другом на высоте пяти рядов и перекрываются лишь шестым рядом.

Достоинства многорядной кладки: 1. Применяемая система перевязки поперечных швов обеспечивает большую жесткость стены в продольном направлении, так как в ложковых рядах смежные поперечные швы смещены друг относительно друга на 1/2 кирпича (рис. 7.8, *б*). 2. Повышается производительность труда каменщика, так как он выполняет однотипные операции на высоте пяти ложко-

вых рядов, не меняя приемов кладки и системы перевязки швов; каменщику приходится менять через каждый ряд приемы укладки кирпича, непрерывно чередуя ложковый ряд с тычковым; многорядная кладка менее трудоемка, так как в забутку укладывается 42 % от общего количества потребляемого кирпича (причем каменщиком низшей квалификации); забутка составляет всего лишь 25 %, а на устройство наружных и внутренних верстовых рядов (требующих высокой квалификации каменщика) расходуется 75 %. 3. Стена обладает лучшими теплотехническими свойствами, так как вертикальные продольные швы на высоте пяти рядов не заполняются раствором и выполняют функции теплозащитных воздушных прослоек.

Недостатки многорядной кладки: 1. Уменьшается несущая способность на 6 % (по сравнению с двухрядной кладкой). 2. Усложняется производство работ в зимних условиях. Раствор, попадая в продольные вертикальные швы, при замерзании может вызвать выпучивание лицевых стенок толщиной в 1/2 кирпича, которые не имеют перевязки на высоте пяти рядов. В двухрядной кладке этот недостаток отсутствует, так как в каждом ряду продольные и поперечные швы перевязаны. На рис. 7.8, *а* кроме кладки угла стены показано устройство откоса без четверти при многорядной системе перевязки.

Трехрядную систему перевязки применяют при кладке узких простенков и кирпичных столбов различного сечения. На рис. 7.8, *г* показана трехрядная система перевязки проф. Л. И. Онищика при кладке столбов сечением $1^1/_2 \times 1^1/_2$; 2×2; $2^1/_2 \times 2^1/_2$ и $2^1/_2 \times 2$ кирпича. Эта система является разновидностью многорядной кладки, но тычковый ряд укладывается не через пять, а через каждые три ложковых ряда. В этой кладке вертикальные швы совпадают на высоте трех рядов. Перевязка обеспечивается без применения трехчетвертных кирпичей.

7.8. Кладка стен с облицовкой

Фасадная плоскость кирпичных стен гражданских зданий оштукатуривается или облицовывается лицевым кирпичом, керамическими или бетонными плитами. Штукатурка фасадных стен является трудоемкой, дорогой и требует дополнительных эксплуатационных затрат (ремонта, окраски фасада через каждые 3...4 года с установкой громоздких наружных лесов). Поэтому наиболее экономичной и долговечной является кладка кирпичных стен с одновременной облицовкой их искусственными или естественными материалами.

На рис. 7.9, *а* показана стена толщиной в 2 кирпича, возведенная по многорядной системе перевязки из обычного керамического кирпича. С фасадной стороны, на высоте пяти рядов, ложками укладывается лицевой кирпич (на рисунке он заштрихован). Ложковые ряды прочно закреплены шестым тычковым рядом. Достоинство такого способа состоит в том, что лицевой кирпич, как наибо-

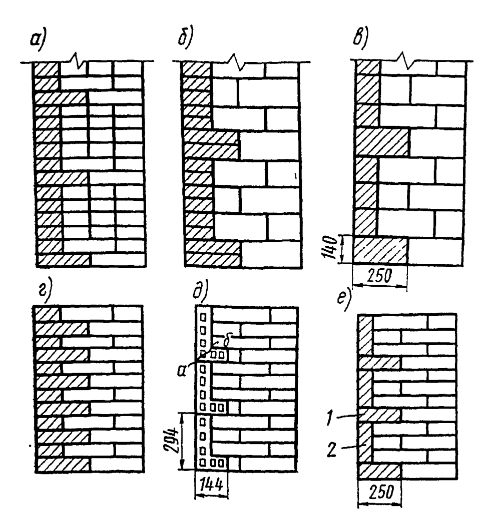


Рис. 7.9. Облицовка кирпичных стен

лее дорогой, используется более рационально (на 1 м^2 фасадной плоскости его расходуется наименьшее количество).

В последнее время для облицовки стен применяют глазурованный кирпич, кирпич из цветных глин, лицевой кирпич с рельефной поверхностью, а также лицевые изделия различных цветовых оттенков и фактур.

При изготовлении керамических изделий на заводах их лицевая поверхность образуется: методом ангобирования, т. е. нанесения жидкого цветного слоя на поверхность бруса, выходящего из пресса; методом двуслойного формования, при котором происходит наложение на основную массу лицевого слоя цветной глины; методом торкретирования, когда цветная минеральная крошка под воздействием струи сжатого воздуха наносится на выходящий из пресса брус.

На рис. 7.9, *б* показана стена толщиной в 2 кирпича, возведенная из семищелевых керамических камней и с фасадной стороны облицованная лицевым кирпичом размером 250×120×65 мм или 250×140×120 мм (рис. 7.9, *в*).

При двухрядной системе перевязки швов (рис. 7.9, *г*) облицовку фасадной плоскости производят чередованием ложкового и тычкового рядов. Этот способ является менее экономичным, так как в тычковых рядах на фасадную плоскость стены выходит кирпич размеров 125×65 мм, а в ложковых — 250×65 мм. Если при многорядной кладке на 1 м^2 фасада требуется 64 лицевых кирпича, то при двухрядной кладке — 80 шт., т. е. на 20 % больше.

Для облицовки кирпичных стен применяют также керамические L-образные плиты (рис. 7.9, *д*) и плоские плиты с прокладным рядом. Достоинство облицовочных пустотелых керамических плит состоит в том, что рационально используется облицовочный материал и улучшаются теплотехнические свойства стены. Этот способ имеет и существенные недостатки. В период производства кирпичной кладки горизонтальные швы между облицовочными плитами нельзя сразу заполнять раствором. Предварительно плиты укладывают на маленькие клинья или упругие прокладки. По окончании кладки всех этажей, когда раствор в швах полностью обжат, с навесных люлек производится заполнение горизонтальных швов. Несоблюдение этого правила приводит к разрушению и отслоению облицовочных плит от кладки. Объясняется это тем, что в период

неравномерного обжатия кладки на верхнюю часть облицовочной плиты действует сосредоточенная вертикальная нагрузка, которая вызывает срез плиты у каблучка по плоскости *а—б*. Неравномерность осадки возникает потому, что в кладке на высоте облицовочной плиты обжимается четыре шва, а между облицовочными плитами — всего лишь один. Пространство между кладкой стены и тыльной стороной облицовочной плиты раствором не заполняется.

При облицовке кирпичных стен плоскими плитами (рис. 7.9, *е*) сочетаются два ряда: прокладной *1* и лицевой *2*. Прокладной ряд высотой 65 мм заходит в кладку на 250 мм и тем самым надежно соединяет облицовочные плиты со стеной.

7.9. Декоративная кладка

Для улучшения архитектурного оформления гражданских зданий применяют декоративную кладку. В конструктивном отношении ее выполняют в двух вариантах: 1) вертикальные швы в рядах совпадают на высоте всего здания (рис. 7.10, *а*); 2) на высоте лишь трех рядов (рис. 7.10, *б*). С фасадной стороны здания декоративная кладка состоит из непрерывно сочетающихся трех ложковых и одного тычкового ряда. В толще стены обеспечивается перевязка продольных и поперечных швов, что видно из планов 1, 2, 3 и 4-го рядов. С наружной стороны стены все вертикальные и горизонтальные швы необходимо устраивать одинаковой толщины (обычно 10 мм), четкого профиля, строго горизонтально и вертикально. Только в этом случае декоративная кладка может придать зданию красивый внешний вид.

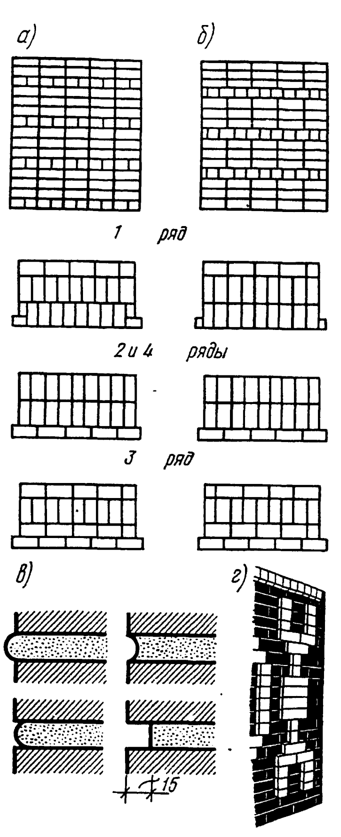


Рис. 7.10. Декоративная кладка

При расшивке швов профиль их может быть различным (рис. 7.10, *в*). Для декоративной кладки применяют лицевой керамический, силикатный и красный кирпич. Сочетание кирпичей различного цвета, использование для расшивки швов цветного раствора (с добавками окиси железа, отработанного формовочного песка, цветных цементов и других компонентов) позволяют придать зданиям особую выразительность (рис. 7.10, *г*).

7.10. Кладка арок и сводов

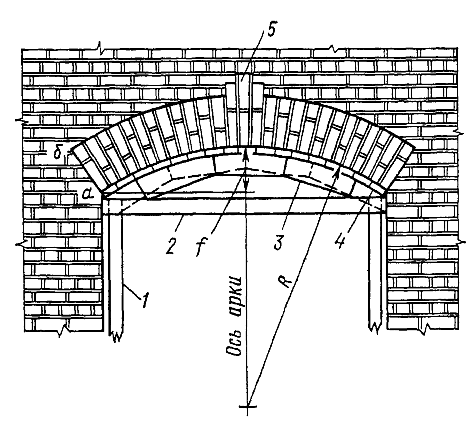


Рис. 7.11. Кладка арки из кирпича

При строительстве гражданских зданий и инженерных сооружений устраивают арки (рис. 7.11), являющиеся не только несущим конструктивным элементом, воспринимающим вертикальную нагрузку, но и архитектурным элементом здания при устройстве оконных и дверных проемов, ниш в подпорных стенках и в других монументальных сооружениях. В зависимости от величины пролета и воспринимаемой нагрузки, арки устраивают толщиной в 2; $1^1/_2$, 1 и $^1/_2$ кирпича с различным радиусом кривизны *R* или различной стрелой подъема *f*. Арку со стрелой подъема, равной радиусу кривой, называют полуциркульной. Распор от арки воспринимается пятой *а—б*, плоскость которой должна быть перпендикулярна касательной кривой давления.

Кладку арки выполняют по опалубке, имеющей проектное очертание. Опалубку *4* укладывают на кружала *3* с затяжкой *2*, опирающиеся на стойки *1*. Для точной установки опалубки арки на заданной отметке и снятия ее после твердения раствора стойки устанавливают на клиньях. По опалубке делается разметка каждого ряда, с тем чтобы разместить между опорами арки нечетное количество рядов камней. Кладку арки начинают от пят и ведут симметрично с двух сторон к замковому клину *5*. Арки устраивают из обыкновенного целого или лекального кирпича. В первом случае криволинейное очертание арки образуется за счет клиновидных радиальных швов с толщиной внизу не менее 5 мм, а вверху не более 25 мм. При наличии лекального кирпича или камней все поперечные швы имеют одинаковую толщину. Направление поперечных швов должно совпадать с радиусом кривой арки *R*. Продольные и поперечные швы перевязывают смежными рядами. Кладку сводов также ведут по деревянной опалубке, имеющей проектное очертание. При большой длине здания применяют опалубку инвентарную, переставную или катучую.

Подмости под опалубку должны быть устойчивыми, прочными и обеспечивать неизменяемость геометрической формы свода. По опалубке производят разбивку отдельных участков свода и укладываемых камней. Равномерную загрузку подмостей достигают симметричной укладкой камней. Для кладки свода применяют естественные камни прочных пород (не ниже 40 МПа). Швы между камнями тщательно заливают цементным раствором.

7.11. Армированная кладка. Устройство карнизов

Для повышения прочности кладки каменные конструкции армируют.

Столбы и простенки, воспринимающие в основном большие вертикальные нагрузки, работают на сжатие и поэтому их армируют сварными поперечными сетками прямоугольной (рис. 7.12, *а*) и зигзагообразной (рис. 7.12, *б*) формы. Соединяясь прочно с раствором, стержни сетки препятствуют при наличии поперечных растягивающих усилий расслоению кладки.

Сетки укладывают в горизонтальные швы кладки. Для защиты их от коррозии толщина шва должна быть такой, чтобы каждый стержень имел защитный слой не менее 2 мм. Чрезмерное увеличение толщины растворного шва приводит к ослаблению несущей способности конструкции. В сетках прямоугольной формы стержни накладывают друг на друга, поэтому их максимальная толщина принимается не более 5 мм. В сетках зигзагообразной формы, где все стержни находятся в одной плоскости, максимальная толщина прутка принимается не более 8 мм, а минимальная толщина стержней для сеток — 3 мм. Расстояние между стержнями определяют расчетом и принимают 30...120 мм. Прямоугольные сетки укладывают по высоте столбов или простенков с учетом величины поперечных растягивающих усилий, но не реже чем через пять рядов кладки, а зигзагообразные — с тем же интервалом, но попарно в двух смежных рядах (чтобы стержни их были взаимно перпендикулярны). Для контроля за укладкой сеток их арматурные стержни (не менее двух) должны выходить на 2...3 мм на одну из внутренних поверхностей простенка или на две стороны столба.

При эксплуатации конструкции в сухих условиях для армированной кладки применяют раствор не ниже М25, а во влажных — не ниже М50. В конструкциях, воспринимающих растягивающие усилия от изгибающих моментов, внецентренного сжатия, при динамических воздействиях (в сейсмических районах) применяют продольное армирование. Рабочие стержни, количество и диаметр которых определяют расчетом, укладывают в растянутой зоне кладки. Соединяются они друг с другом на сварке распределительной арматурой, а при небольших объемах работ — с помощью вязальной проволоки. Для лучшего заанкеривания в кладке продольные стержни на концах имеют крюки.

Рядовые (железокирпичные) перемычки оконных и дверных проемов устраивают из обычного, но отборного кирпича, с прокладкой в швах кладки арматурных стержней диаметром 4...6 мм. Для устройства рядовой перемычки устанавливают опалубку по кружалам, опирающимся своими концами на кладку. На опалубку

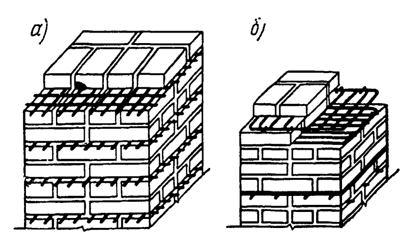


Рис. 7.12. Поперечное армирование столба

расстилают раствор не ниже М25 и в него укладывают арматурные стержни из расчета по одному на каждые полкирпича толщины стены. В каждом последующем шве кладки на высоте 5...6 рядов количество стержней уменьшают. Общее их количество определяют расчетом в зависимости от ширины проема. Длину стержней принимают больше ширины проема на 50 см. Для лучшего заанкеривания в кладке на концах гладких стержней имеются крюки. Поскольку устройство армированных перемычек является трудоемким процессом, оконные и дверные проемы обычно перекрывают железобетонными перемычками заводского изготовления. Высоту их принимают равной высоте одного или двух рядов кладки, что зависит от величины проема и воспринимаемой нагрузки.

Кладку карнизов осуществляют с постепенным напуском кирпича (относительно ранее уложенного ряда) до $1/3$ его длины. Общий напуск неармированного карниза не должен превышать половины толщины стены. Устройство карниза начинают с укладки внутренних верстовых рядов с тщательным закреплением тычковых рядов вышележащей кладкой. Если вынос карниза более половины толщины стены, то необходимо применять армированную кладку или в нижней части карниза укладывать железобетонные плиты с заанкериванием их концов (с внутренней стороны стены) в нижележащих рядах кладки.

7.12. Кирпичные стены облегченной конструкции

Для уменьшения расхода кирпича и собственного веса здания целесообразно устраивать стены облегченной конструкции. Такую конструкцию стен принимают для возведения малоэтажных, каркасных зданий и верхних этажей многоэтажных домов.

Облегченная кладка по системе русского инж. А. И. Герарда (предложенная в 1829 г.) состоит из двух параллельных стенок толщиной по $1/2$ кирпича, пространство между которыми заполняют теплоизоляционным материалом (рис. 7.13, *а*). Для обеспечения устойчивости и жесткости наружные стенки толщиной $1/2$ кирпича соединяются между собой связями металлическими или кирпичными. Металлические связи устраивают из полосового железа или стержней ∅ 6... 8 мм. Укладывают их в плане на расстоянии 78...1050 мм, а по высоте — через 5...6 рядов. Общую толщину облегченной стены принимают равной 380...

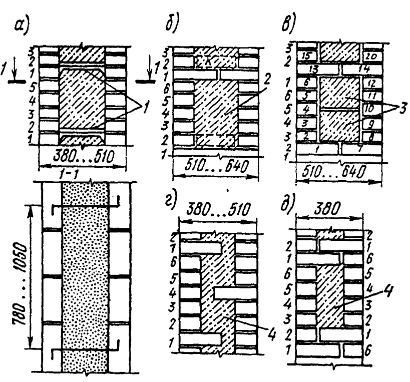


Рис. 7.13. Облегченные стены:

а — с армированными растворными диафрагмами *1*; *б* — с заполнением пустот ячеистыми бетонами *2*; *в* — с заполнением пустот термовкладышами *3*; *г* — с заполнением пустот несвязными теплоизоляционными материалами *4*; *д* — с перекрытием вертикальных швов

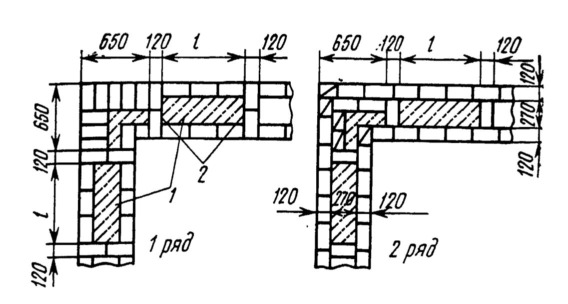


Рис. 7.14. Облегченная стена колодцевой кладки по системе С. Н. Власова

510 мм, что определяется теплотехническим расчетом применительно к конкретной климатической зоне. Для защиты от коррозии металлические связи должны находиться в слое раствора, образуя тем самым армированную растворную диафрагму. В кладке системы Попова и Орлянкина вместо металлических связей через пять рядов по высоте укладывают один тычковый ряд (рис. 7.13, *б*, *в*). Остальные пять ложковых рядов выкладывают с соблюдением перевязки поперечных швов по типу многорядной кладки. Если пространство между двумя стенками заполняют монолитным шлакобетоном или керамзитобетоном, то тычковый ряд жестко заделывают в бетонной смеси и тем самым обеспечивают надежное соединение наружных стенок между собой. Такой тип кладки называют кирпично-бетонной. Если же пространство между стенами заполняют сыпучим, т. е. несвязным теплоизоляционным материалом или минераловатным утеплителем, то связь между ними осуществляется за счет перевязки продольного шва (в тычковом ряду) дополнительным рядом кирпича *К* (рис. 7.13, *б*), а при толщине стены в $1^1/_2$ кирпича — взаимным напуском тычкового ряда правой стенки на тычковый ряд левой стенки (рис. 7.13, *д*). Пространство между стенками может быть заполнено термовкладышами *3* (камни из шлакобетона, ячеистых бетонов и др., рис. 7.13, *в*), укладываемыми на растворе по тычковому ряду в указанной последовательности. Расстояние между тычковыми рядами определяют высотой термовкладышей, но не более пяти рядов кирпича.

По системе С. Н. Власова осуществляют так называемую колодцевую кладку. Сущность ее состоит в том, что стена возводится из двух продольных стенок, толщиной по $^1/_2$ кирпича каждая, соединенных между собой поперечными стенками такой же толщины. Между продольными и поперечными стенками образуются своеобразные колодцы *1*, заполняемые теплоизоляционным материалом (рис. 7.14). Первые поперечные стенки *2* устраивают от угла на расстоянии 650 мм, а последующие располагают в зависимости от нагрузки с интервалом $l = 510...1030$ мм. В углах здания, на участке длиной 650 мм наружная стенка утолщается до одного кирпича, а в уровне перекрытия она усиливается сплошной кладкой на высоте 2...3 рядов. Кладка системы С. Н. Власова позволяет сэкономить на 1 м² стены до 40 % кирпича и уменьшить собственный вес стены на 28 % (по сравнению со стеной толщиной 640 мм, возводимой из полнотелого кирпича в средней полосе СССР).

Толщину кирпичных стен можно значительно уменьшить, если внутреннюю их плоскость облицевать эффективным теплоизоляционным материалом. Если, например, в качестве утеплителя применить пенополистерол, пенопласт, стиропор, древесноволокнистую или пенобетонную плиту толщиной 40...80 мм, то общую толщину стены можно уменьшить с 640 до 380 мм.

7.13. Кладка из керамических камней и мелких блоков

Как при двухрядной, так и при многорядной кладках применяют керамические камни размерами 250×120×138 мм. Для уменьшения массы и теплопроводности стены керамические камни выпускают с семью и девятью пустотами (щелями). При укладке керамических камней следует обращать внимание на правильное расположение щелей, которые должны быть параллельны фасадной плоскости стены. На рис. 7.15, *а* показана двухрядная кладка с применением многопустотных (щелевых) керамических камней, а на рис. 7.15, *б* — многорядная кладка из этих же камней. При многорядной кладке из керамических камней в каждую группу входит четыре ряда — три ложковых и один тычковый. Стены гражданских и складских зданий возводят из бетонных, керамзитобетонных, силикатных и шлакобетонных камней, которые бывают сплошные (рис. 7.15, *в*) и пустотелые (рис. 7.15, *г*).

В зависимости от климатической зоны и вертикальных нагрузок стены из мелких блоков возводятся толщиной 190, 290 и 390 мм. Достоинство кладки из камней с щелевидными пустотами и камней с пустотами типа «колпак» состоит в том, что при их применении уменьшается масса здания, раствор не проваливается в пустоты, а замкнутые воздушные прослойки повышают теплотехнические свойства стены.

С применением бетонных камней со сквозными пустотами часть раствора из горизонтальных швов во время кладки проваливается в пустоты, вследствие чего увеличивается расход раствора, а эффект применения пустотелых камней снижается. Для устранения этого недостатка пустоты в блоках можно заполнять шлаком. При кладке стен из сплошных и трехпустотных бетонных камней применяют двухрядную систему перевязки с чередованием ложковых и тычковых рядов, обеспечивающих взаимное смещение поперечных швов на $^1/_4$ длины камня.

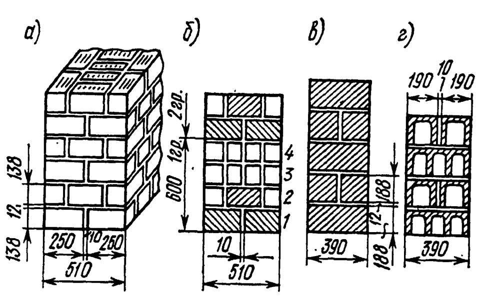


Рис. 7.15. Кладка из керамических камней и мелких блоков

Искусственные камни изготовляют из тяжелого бетона с плотностью более 1800 кг/м³, легкого бетона — до 1800 кг/м³ и ячеистого бетона — менее

1200 кг/м³. Из тяжелых бетонов делают сплошные камни М100... 200, из легких бетонов сплошные камни М35...100, а пустотелые — М35...75.

В конструкциях, воспринимающих большие вертикальные нагрузки и находящихся в условиях повышенной влажности, нельзя применять камни на топливных шлаках, которые подвержены самопроизвольному распаду. В этих случаях наиболее рациональными являются сплошные камни из тяжелого бетона. Стены гражданских зданий следует возводить из естественных камней, выпиленных из местных материалов (ракушечника и инкерманского камня в Крыму, артикского туфа в Армении и т. д.).

7.14. Подмости и леса

По окончании кладки 1-го яруса для дальнейшей работы каменщиков в благоприятных условиях необходимо устанавливать подмости. При наличии в здании междуэтажных перекрытий кладку 2-го и последующих ярусов ведут с внутренних подмостей. В зависимости от планировки внутренних стен и организации работ подмости устанавливают вдоль стен (ленточные) и по площади всей захватки (сплошные). Подмости должны быть прочными, инвентарными, обладать многократной оборачиваемостью, иметь небольшую массу, просто и быстро собираться и разбираться при установке их на следующей захватке или ярусе. По своей конструкции подмости и леса бывают различных типов. Наибольшее распространение в последние годы получили три основные типа инвентарных подмостей: панельные, блочные и на трубчатых стойках.

Панельные подмости Карачаровского завода (рис. 7.16) легко устанавливать и переставлять на новое место. Для кладки стен 3-го яруса башенный кран поднимает панельные подмости за специальные кольца. В это время соединяются откидные опоры подмостей *а—с* (подогнутые ранее внутрь) и под воздействием собственной массы занимают вертикальное положение *а—с′*. Устойчивость откидных опор обеспечивается специальными накидными металлическими подкосами *b—с′*. Откидные опоры подгибаются внутрь подмостей по короткой и длинной сторонам, что зависит от расположения настила перекрытия. Достоинство второго варианта состоит в том, что подмости обладают большой жесткостью и равномерно распределяют нагрузку

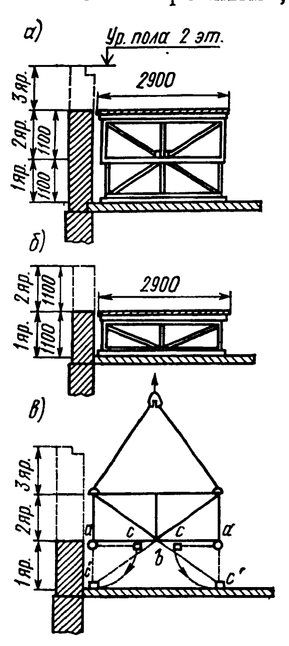


Рис. 7.16. Панельные подмости конструкции Карачаровского завода:
а — для кладки 3-го яруса; *б* — то же, 2-го яруса; *в* — схема подъема подмостей для кладки 3-го яруса

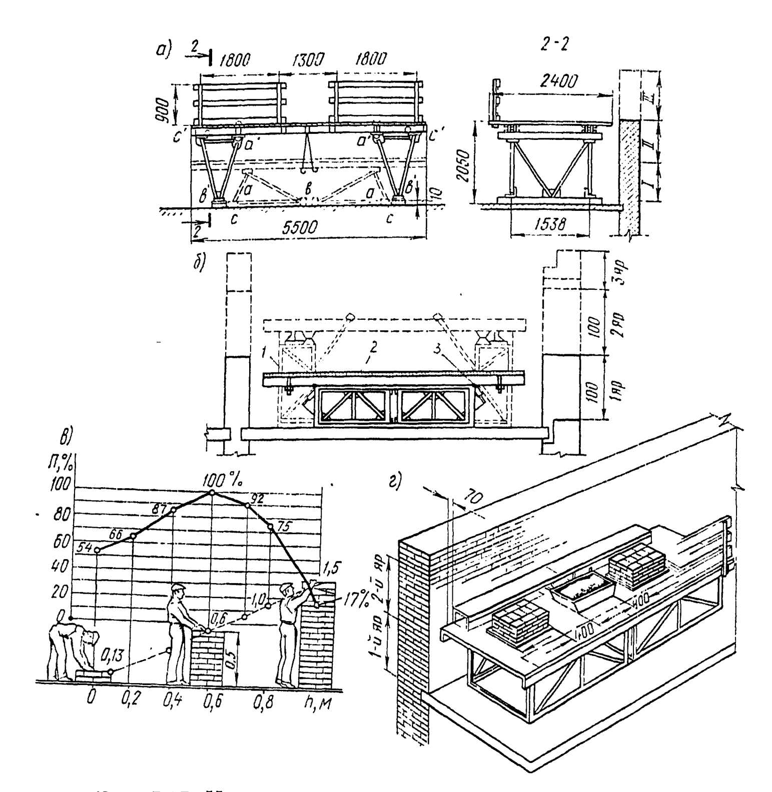


Рис. 7.17. Инвентарные шарнирно-панельные подмости:

а — положение подмостей для кладки 3-го яруса; *б* — универсальные шарнирно-панельные подмости конструкции С. Вайнштейна; *в* — изменение производительности каменщика в зависимости от уровня кладки; *г* — рабочее место каменщика

по перекрытию. Каркас панельных подмостей сделан из металлических уголков. Подмости рассчитаны на нагрузку 4000 Па. Площадь рабочего настила 16 м^2.

Шарнирно-панельные подмости (рис. 7.17, *а*) состоят из прогонов с рабочим настилом, опирающимся на две металлические треугольные рамы *abc*. Последние поворачиваются вокруг шарнира *a* и обеспечивают подмостям разную высоту. При опирании треугольной рамы на перекрытие своим катетом *bc* подмости занимают положение для кладки 2-го яруса и имеют высоту 1,15 м. Для кладки 3-го яруса их поднимают башенным краном, а рамы под воздействием собственной массы поворачиваются вокруг шарниров *a* и занимают вертикальное положение с общей высотой 2,05 м.

Универсальные шарнишно-панельные подмости конструкции С. Вайнштейна состоят из щитов *2* (рис. 7.17, *б*) металлических опор *1*, шарнирно прикрепленных к прогонам настила в точках *3*. Для кладки 2-го яруса подмости занимают положение, показан-

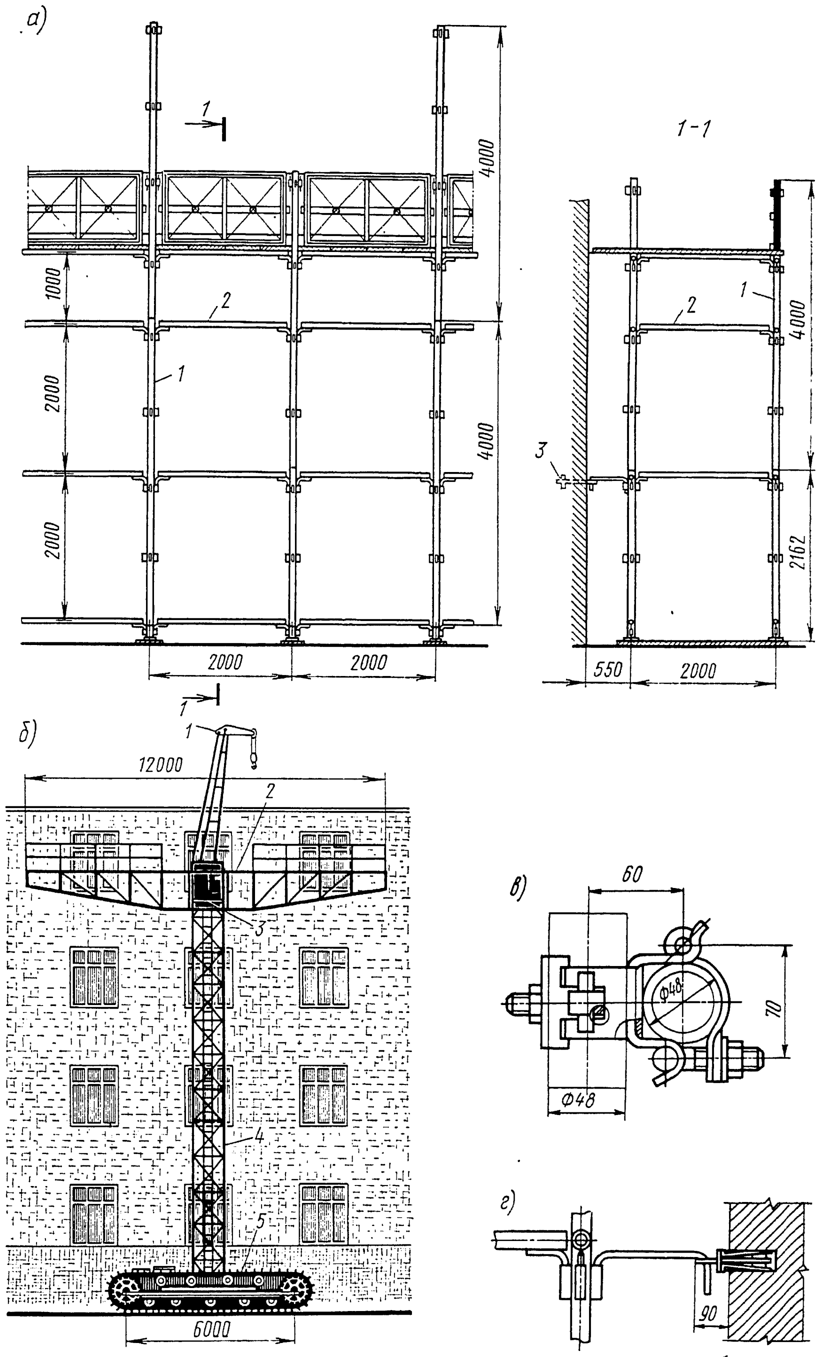


Рис. 7.18. Леса для наружных штукатурных и отделочных работ

ное пунктиром. При подъеме краном за трос опоры устанавливаются вертикально для кладки 3-го яруса.

К **блочным подмостям** относятся: подмости конструкции А. Симбирцева размером рабочего настила 4,45×2,50 м, подмости треста «Строитель» размером 5×2,25 м, подмости-столы Главмосстроя и др.

Все вышерассмотренные типы подмостей позволяют вести кладку 2-го и 3-го ярусов высотой 0,1...1,2 м. Как видно из графика на рис. 7.17, *в*, производительность каменщика зависит от уровня кладки: на высоте 0,13 м она равна 54 % и с увеличением высоты кладки до 0,6 м она возрастает до 100 %. С дальнейшим наращиванием кладки производительность каменщика значительно снижается и на высоте 1,5 м составляет всего лишь 17 %.

Для создания оптимальных условий работы каменщикам необходимо применять такие подмости, которые позволили бы сохранить неизменный уровень кладки над уровнем подмостей (0,6 м). С этой целью были сделаны различные предложения, в том числе и автором. Инж. С. З. Вайнштейн, в частности, в дополнение к стационарным подмостям разработал универсальные подмости-подставки высотой 250 и 500 мм (рис. 7.17, *г*), которые устанавливаются после того, когда кладка над уровнем подмостей превысит 800 мм.

При строительстве зданий троллейбусных и автобусных парков (без междуэтажных перекрытий), а также при выполнении штукатурных и ремонтных работ с окраской фасадов гражданских зданий применяют **трубчатые леса.** В лесах конструкции ВНИОМСа продольные и поперечные связи соединяются со стойками с помощью хомутов (рис. 7.18, *в*), а конструкции Промстройпроекта (рис. 7.18, *г*) — штырей и втулок. Стойки *1* и связи *2* (рис. 7.18, *а*) изготовляют из труб диаметром 60 мм. Стойки длиной 4000 мм устанавливают с продольным и поперечным шагом 2000 мм. Первый ряд стоек располагают от стены на расстоянии 550 мм. Устойчивость лесов обеспечивают: в продольном направлении — диагональными схватками, а в поперечном — анкерами *3*, закрепленными в стене (рис. 7.18, *г*).

Для выполнения штукатурных работ, при ремонте фасадов зданий, а также кладке наружных стен целесообразно применять универсальные самоходные леса (рис. 7.18, *б*). Они состоят из базы с механизмом передвижения на гусеничном ходу *5* шириной 3,24 м, башни *4* из пяти секций, рабочей площадки *2* длиной 12,4 м, грузоподъемностью 2 т, механизма подъема площадки *3* и крана *1* грузоподъемностью 0,5 т, высотой подъема крюка 18 м. Общая масса лесов 12,8 т. Управление всех процессов подъема, опускания рабочей площадки, передвижения базы (назад, вперед), поворота крана (вправо, влево) кнопочное. Путь перемещения самоходных лесов должен быть хорошо спланирован. В рабочем состоянии леса не должны отклоняться от вертикали более чем на 3°.

7.15. Инструменты и приспособления для каменной кладки

Для выполнения каменной кладки рабочему необходимо иметь следующие инструменты и приспособления: молоток-кирочку для тески и рубки кирпича размером на $^3/_4$, $^1/_2$ и $^1/_4$ его длины; уровень для проверки горизонтальности кладки; расшивку для получения профильного шва (вогнутого или выпуклого); отвес в футляре для проверки вертикальности углов стен, колонн, простенков и т. д.; метр для разметки и контроля за проектными размерами возводимых конструкций; комбинированную кельму для разравнивания раствора и заполнения вертикальных швов. На рис. 7.19 показаны основные размеры всех инструментов, которые необходимы для производства бутовой и кирпичной кладок. Для укладки раствора на стену применяют ковш-лопату Мальцева, совковую лопату Патрикеева или совок Жильцова.

Укладку кирпичей в стену производят строго в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Контроль за горизонтальностью кладки производят с помощью порядовок и натянутого между ними причального крученого шнура толщиной 2...3 мм. Порядовки

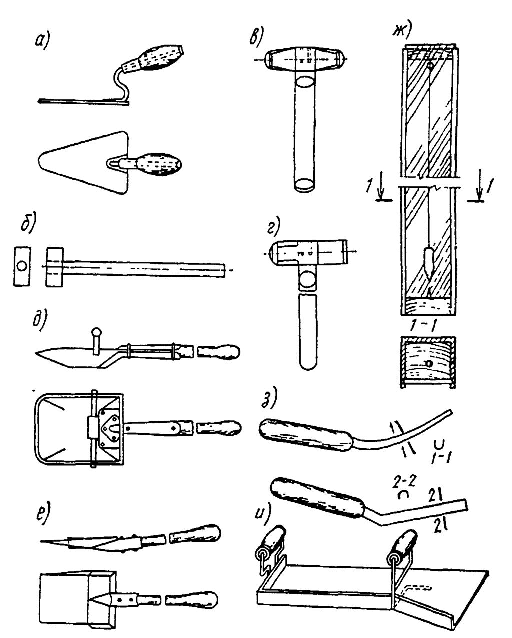


Рис. 7.19. Инструменты для каменной кладки:

а — комбинированная кельма; *б* — кувалда прямоугольная; *в* — молоток для бутовой кладки; *г* — остроносая кувалда; *д* — реконструированная ковш-лопата Мальцева; *е* — совковая лопата Патрикеева; *ж* — отвес в футляре; *з* — расшивка с вогнутым и прямоугольным лезвиями; *и* — совок Жильцова

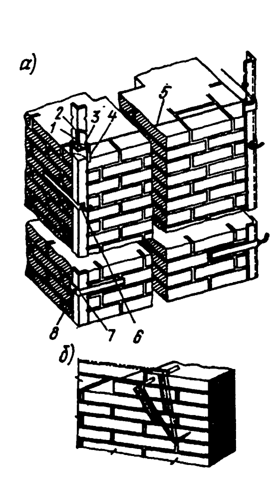


Рис. 7.20. Приспособления для кладки:

а — угловая инвентарная металлическая порядовка Ширкова; *1* — защелка; *2* — пружина защелки; *3* — хомут; *4* — штырь для закрепления шнура; *5* — шнур; *6* — рукоятка винта; *7* — скоба-держатель; *8* — гайка с ребром; *б* — общий вид установки скобы Огаркова на возводимой стене

устанавливают по периметру каждой захватки на углах здания, а далее через каждые 10...12 м. Инвентарную порядовку Ширкова изготовляют из металлического уголка (рис. 7.20, *а*), а порядовку Жильцова — из дерева. По высоте каждой порядовки наносят деления, равные высоте ряда (77 мм при укладке обычного кирпича и 150 мм — при укладке керамических камней). По металлическому уголку перемещается хомут с защелкой и штырем для закрепления причального шнура. Натянутый шнур между причалками облегчает каменщикам укладку кирпича в наружную версту строго горизонтальными и прямолинейными рядами. По окончании кладки очередного ряда хомут с причальным шнуром поднимается для кладки следующего ряда и т. д. Порядовки устанавливают по нивелиру с таким расчетом, чтобы одно и то же деление находилось на одной и той же отметке по всему периметру здания. Закрепляют их к кирпичной стене с помощью скоб-держателей и винтов с рукоятками. Кроме рядов кладки на порядовке могут быть отмечены расположение по высоте оконных и дверных проемов, уровни перекрытий, гнезд, борозд и т. д. Внутренний и наружный верстовые ряды устраивают с применением причального шнура, закрепленного на скобе Огаркова (рис. 7.20. *б*).

7.16. Транспортировка материалов

Транспортировку кирпича с заводов на строительные площадки осуществляют на специальных автомобилях с прицепами и без них. Наибольшее распространение получил пакетный способ доставки кирпича на поддонах. При укладке кирпича на поддоны необходимо соблюдать перекрестную перевязку горизонтальных швов (рис. 7.21, *а, б*) и в «елку» (рис. 7.21, *в*), когда кирпичи укладывают под углом 45° к горизонту. Устойчивость пакетов с уклад-

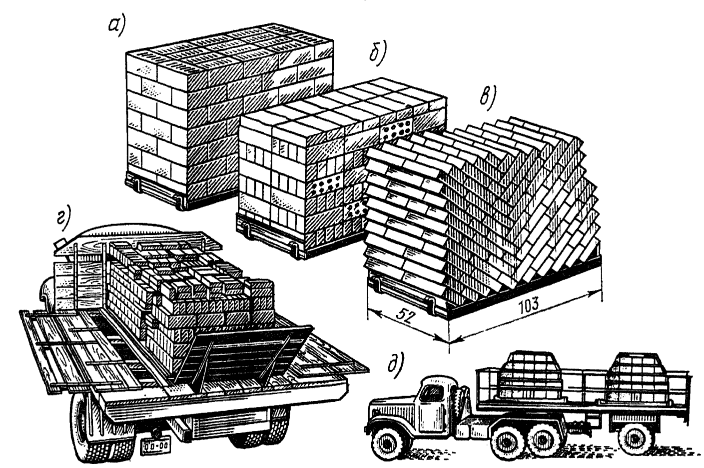


Рис. 7.21. Схема формирования пакетов кирпича и керамических камней на поддонах с крюками

кой кирпича в «елку» на 40 % больше, чем при укладке горизонтальными рядами. Первые два типа пакетов транспортируют на специальных автомобилях с зажимными бортами с гидравлическим приводом (рис. 7.21, *г*), а кирпич в «елку» перевозят на бортовых автомашинах с прицепами без дополнительных боковых ограждений.

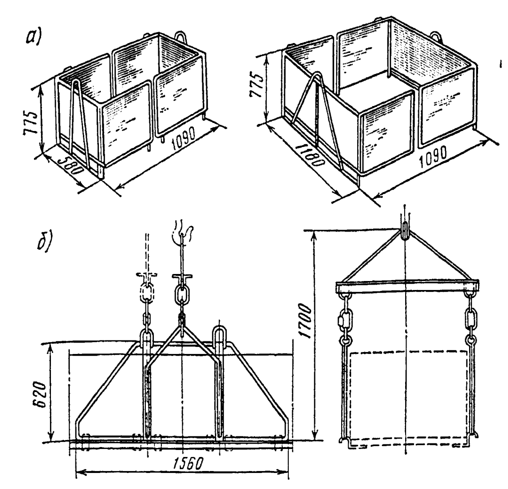


Рис. 7.22. Пакетный подъем кирпича на рабочее место каменщиков

Транспортировка силикатного кирпича также осуществляется в пакетах, но с применением специальных решетчатых и ленточных зажимов, смонтированных на платформе автомобиля и прицепе (рис. 7.21, *д*). При этом сохраняется первоначальная форма укладки кирпича, какую он имеет при выходе из автоклава. ЦНИИОМТП разработал приспособление ПГРЗ-2 для крепления пакетов силикатного кирпича без поддонов на бортовых автомобилях и прицепах, оборудованных раздвижными щитовыми ограждениями и подвижным металлическим листом для раздвижки пакетов перед разгрузкой.

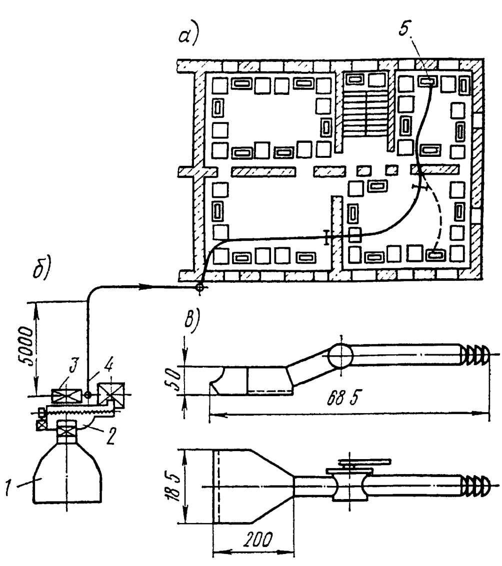


Рис. 7.23. Транспортировка раствора по трубам на рабочее место каменщиков

Для безопасного выполнения погрузочно-разгрузочных работ и подъема кирпича на рабочие места каменщиков на поддоны надевают футляры (рис. 7.22, *а*) или прутковые траверсы (рис. 7.22, *б*). Они бывают различными как по своему конструктивному устройству, так и по размерам (на один или два поддона). Подъем и пакетная раскладка кирпича вдоль фронта работ каменщиков осуществляются башенным краном. Поддоны с кирпичом и ящики с раствором устанавливают

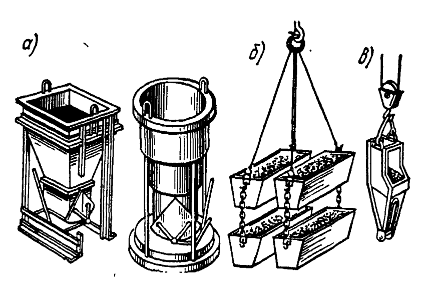


Рис. 7.24. Транспортировка краном раствора на рабочие места каменщиков

от стены на расстоянии 600 мм.

При значительном объеме кирпичной кладки раствор на рабочее место каменщика подают механизированным способом (рис. 7.23, *а*, *б*). С завода на строительную площадку раствор доставляют растворовозами. На объекте его разгружают в вибропитатель *1*, из которого он попадает в растворосмеситель *2*, где перемешивается для получения необходимой пластичности, а затем поступает в растворонасос *3*. По резиновому шлангу *4* раствор транспортируют либо в инвентарные металлические ящики *5*, либо непосредственно на стену для устройства горизонтального шва. В первом варианте, чтобы исключить потери раствора, на конце резинового шланга закрепляется гаситель струи раствора, а во втором — специальный раствороукладчик (рис. 3.23, *в*) для образования плоской и широкой растворной постели. Механизированную подачу раствора на рабочие места каменщиков осуществляют растворонасосами и растворонагнетателями по резиновым шлангам диаметром 38...75 мм.

Всю систему трубопроводов необходимо продувать сжатым воздухом и промывать известковым раствором как в начале работы, так и по окончании смены. При наличии перерыва в работе во избежание схватывания в шлангах раствора необходимо его прокачивать через каждые 20...30 мин.

На рабочие места каменщиков раствор можно подавать в инвентарных бункерах емкостью 0,5 и 0,75 м^3 (рис. 7.24, *а*), в металлических ящиках, подвешенных гирляндой (рис. 7.24, *б*), или в поворотных бадьях (рис. 7.24, *в*). Раствор из бункеров либо выгружают в инвентарные ящики, либо затем развозят мототележками по рабочим местам каменщиков (если кран перегружен подъемом кирпича и других сборных железобетонных элементов). Применение бункеров связано с рядом недостатков: вместе с раствором перевозят бункера, при загрузке бункеров раствором из растворовозов на объекте необходимо устраивать специальные приямки или эстакады; в зоне работы каменщиков раздаточный бункер устанавливают на столик, а раствор из него перевозят в инвентарные ящики мототележками. Для устранения этих недостатков целесообразно подавать раствор на рабочие места каменщиков в бадьях или металлических ящиках емкостью 275 л ($1{,}38 \times 0{,}68 \times 0{,}45$). В этом случае на приобъектном складе раствор разгружают из растворовозов в четыре ящика или бадьи, составленные вплотную друг к другу. Подъем ящиков с раствором и установку их в любую точку возводимого здания осуществляют башенным краном. Используя бадью необходимой емкости, раствор в ящиках пополняют непрерывно по мере его потребления.

7.17. Устройство приобъектного склада кирпича

Для снижения стоимости строительства целесообразно кирпич и сборные элементы не разгружать на приобъектный склад, а с транспортных средств подавать на рабочее место.

В тех случаях, когда каменные или монтажные работы нельзя выполнять с транспортных средств, строительство здания осуществляют с приобъектного склада. Размеры склада определяются количеством размещаемых строительных материалов и железобетонных изделий. Чтобы не было перебоев в работе, запасы кирпича на приобъектном складе принимают в объеме примерно трехсуточной его потребности, и железобетонных изделий — на два этажа.

На складах строительные материалы и железобетонные изделия должны быть в зоне действия стрелы крана и размещаться вдоль возводимого здания. Для повышения производительности монтажного крана строительные материалы и изделия, применяемые в наибольшем количестве (кирпич, панели перегородок, перекрытий и т. д.), складируют ближе к зданию.

Подкрановые пути башенного крана укладывают на балластное основание толщиной 0,2...0,4 м, что зависит от рельефа местности и грузоподъемности крана. Расстояние от наиболее выступающей части крана до цоколя здания принимают не менее 0,75 м, а до подъездных путей (внутриквартальных проездов) — не менее 1 м.

До начала складирования строительных материалов и изделий территорию приобъектного склада планируют в соответствии с проектом благоустройства квартала. Если приобъектный склад расположен на участке насыпи, то грунт на этой площади уплотняют. Для защиты от затопления приобъектного склада атмосферными водами с нагорной стороны устраивают кюветы.

Площадка для складирования материалов и изделий должна быть горизонтальной. Место складирования каждого вида железобетонного элемента обозначают биркой с указанием на ней марки изделия. Между площадками складирования оставляют проходы шириной 0,8...1 м. На приобъектном складе мастер принимает и устанавливает не только количество, но и качественное состояние всех поступающих материалов и изделий. Складирование железобетонных деталей и строительных материалов ведут в соответствии с инструкцией по охране труда.

7.18. Организация труда каменщиков

Для обеспечения непрерывного процесса кирпичной кладки, которая связана с параллельно выполняемой установкой подмостей и монтажными работами, возводимое здание разбивают на захватки. В зависимости от длины и конфигурации здания может быть две (рис. 7.25, *а*) или три захватки, каждая из которых должна иметь одинаковую трудоемкость. При этом условии всем рабо-

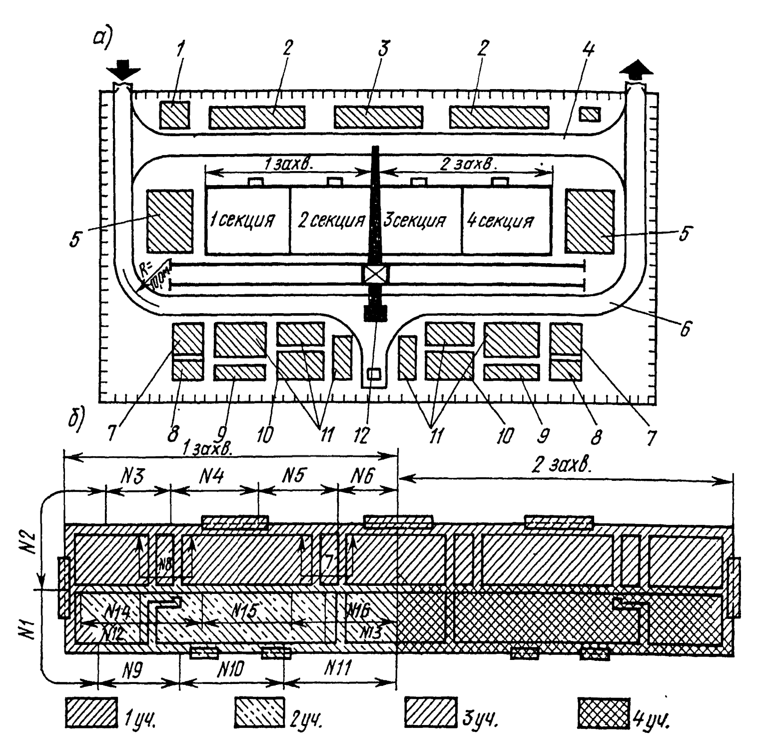


Рис. 7.25. Строительство кирпичного дома:

а — стройгенплан со строительством здания в ритме — этаж за 6 дней; *1* — контора прораба; *2* — производственная площадка отделочников; *3* — то же, сантехников; *4* — проезд с временным покрытием; *5* — площадка для подмостей; *6* — дорога из панельных плит; *7* — гипсобетонные перегородки; *8* — шлакобетонные перегородки; *9* — карнизные плиты; *10* — силикатный кирпич; *11* — сборные железобетонные перегородки; *12* — башенный кран; *б* — организация строительства кирпичного жилого дома в ритме — этаж за 12 дн

чим будет обеспечена непрерывность в работе на каждой захватке.

Каменщик может вести кладку без подмостей высотой до 1,2 м. При большой высоте производительность значительно снижается, поэтому кладка в пределах этажа ведется поярусно с высотой каждого из них не более 1,2 м.

При строительстве, например, жилых домов этаж высотой 2,7... 3,3 м членится на 2...3 яруса. По периметру первой захватки должно быть расставлено такое количество звеньев, чтобы они за смену возвели кладку на высоте одного яруса. При этом условии

$$N = Q/(qk_1),$$

где N — количество звеньев каменщиков, необходимых для выполнения объема работ одного ярусозахвата за смену; Q — объем кладки на одной ярусозахватке, м^3; q — норма выработки звена

каменщиков за смену, м^3; k_1 — коэффициент перевыполнения норм выработки.

Длина делянки (рис. 7.25, *б*) — это фронт работы звена каменщиков; определяется из условия возможного выполнения сменной нормы выработки с заданным процентом перевыполнения норм

$$l = qk_1/(hb),$$

где l — длина делянки звена каменщиков, м; h — высота яруса, м; b — толщина стены, м.

По окончании кладки 1-го яруса на 1-й захватке каменщики переходят на 2-ю захватку для возведения 1-го яруса. В первый же день, но во вторую смену на 1-й захватке плотники устанавливают подмости, оконные и дверные блоки, а такелажники заготовляют кирпич до 30 % от сменного его потребления. На третий день каменщики снова переходят на 1-ю захватку, где возводят 2-й ярус, а плотники на второй день на 2-й захватке во вторую смену устанавливают подмости для кладки 2-го яруса. В таком порядке работа продолжается до тех пор, пока не будет закончена кладка 3-го яруса на 2-й захватке. При правильной организации работ в две смены (с одним башенным краном) кирпичная кладка типового этажа выполняется за 6 дн, а с учетом монтажа лестничных площадок и маршей, санитарно-технических блоков, панелей перегородок и перекрытий — за 8...10 дн (в зависимости от количества секций и количества монтируемых элементов).

Типовой этаж возводит комплексная бригада, в состав которой входят: каменщики, ведущие кладку и монтажные работы, такелажники, штукатуры и плотники.

Для возведения жилого дома башенный кран должен обеспечить подъем и подачу на рабочее место кирпича и раствора, необходимого для сменной работы всех звеньев каменщиков; установить в наиболее высокую и удаленную точку от башенного крана наиболее тяжелые сборные элементы; перемещаться по кривым участкам пути (при сложной конфигурации здания в плане); кроме этих требований необходимо учитывать стоимость машино-смены, которая должна быть минимальной.

7.19. Комплексный способ каменной кладки

Двухзахватная система с челночным переходом звеньев каменщика (после каждого яруса) с одной захватки на другую имеет свои существенные недостатки. По окончании кладки 3-го яруса на 2-й захватке каменщики не могут продолжать работу на 1-й захватке, так как в это время там ведется монтаж перегородок и плит перекрытия. Поскольку монтажные работы выполняют с помощью башенного крана одним звеном в составе 4...5 человек, остальные члены комплексной бригады не могут быть рационально использованы. Для устранения этих недостатков необходимо применять более совершенные способы производства работ.

Первый способ. Строящийся дом делят на две равные захватки (рис. 7.25, *а*), и кладку ведут только на одной из них на высоте этажа (трех ярусов) в течение первых 3 сут, а на другой захватке в это время производят монтаж перегородок, перекрытий, балконных плит и т. д. В последующие 3 сут кладку ведут на 2-й захватке (в первую и вторую смену), а на 1-й захватке выполняют монтажные работы (в третью смену). Работая по этой системе, комплексная бригада каменщиков-монтажников возводит этаж пятиэтажного 80-квартирного четырехсекционного кирпичного дома за шесть дней. Работы ведут в три смены. В бригаде занято 56 рабочих. В первой смене работает 32 чел., составляющих восемь специализированных звеньев: четыре звена каменщиков — по 6 чел., звено каменщиков — 2 чел., штукатуров — 2 чел., плотников — 2 чел. и слесарей — 2 чел. Во второй смене работает 18 чел., составляющих: два специализированных звена каменщиков — по 6 чел., звено такелажников — 2 чел., одно звено монтажников — 4 чел. В третьей смене работает одно специализированное звено, состоящее из монтажников и такелажников, — 6 чел. Расстановка специализированных звеньев каменщиков по делянкам на 1-й захватке показана на рис. 7.25, *б*. Технологическая последовательность работ, выполняемых по этой системе, отражена в календарном плане (табл. 7.1).

Таблица 7.1. **Календарный план производства кирпичной кладки в двух захватках в ритме — 6 сут типовой этаж (четыре секции)**

№ п/п	Наименование работ	Захватка	Ярус	Рабочие дни					
				1	2	3	4	5	6
	Первая смена								
1	Кладка наружных стен	1	1	—					
2	То же	1	2		—				
3	»	1	3			—			
4	»	2	1				—		
5	»	2	2					—	
6	»	2	3						—
	Вторая смена								
1	Кладка внутренних стен	1	1	—					
2	То же	1	2		—				
3	»	1	3			—			
4	»	2	1				—		
5	»	2	2					—	
6	»	2	3						—

Примечание. В третью смену на одной из захваток производится перестановка подмостей, заготовка кирпича, на второй захватке — монтаж сборных конструкций (перегородок, санитарно-технических блоков, плит перекрытий, лестничных площадок и маршей).

Достоинства такой организации работ: все звенья рационально используются в течение каждой смены; кладка стен и сопутствующие монтажные работы ведутся непрерывно; башенный кран используется более рационально; параллельно с кирпичной кладкой выполняются монтажные работы, что способствует ликвидации простоев крана; повышается производительность труда каменщиков, так как специализированные звенья всегда работают между определенными осями по всей высоте дома («поосевая» специализация); на неизменной длине делянок на каждой захватке и каждом этаже каменщики выполняют одни и те же операции, связанные с устройством архитектурных оформлений оконных и дверных проемов, каналов, гнезд, борозд и т. д. Недостаток этой системы: бригада работает в три смены, что осложняет руководство ею и контроль за качеством выполняемых работ; требуются в большом количестве комплекты подмостей, так как их устанавливают на всей площади захватки. По окончании кладки 3-го яруса, например, на 1-й захватке подмости снимают с первой секции (для обеспечения фронта работы монтажникам) и временно устанавливают на подмости второй секции. По окончании кладки 1-го яруса на 2-й захватке (следующего этажа) в третью смену на этой захватке устанавливают подмости, взятые со второй секции.

Второй способ. Строящийся дом членится на две равные захватки, и каждая из них имеет два равных участка (рис. 7.25, *б*). Кирпичную кладку с поосевой специализацией ведут по участкам

Таблица 7.2. **Календарный план производства кирпичной кладки по участкам в ритме — 12 дн типовой этаж (четыре секции)**

№ п/п	Наименование работ	Захватка	Участок	Ярус	Рабочие дни 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Первая смена															
1	Кладка наружных и внутренних стен	1	1	1	—											
2	То же	1	2	1		—										
3	»	1	1	2			—									
4	»	1	1	3				—								
5	»	1	2	2					—							
6	»	1	2	3						—						
7	»	2	3	1							—					
8	»	2	4	1								—				
9	»	2	3	2									—			
10	»	2	3	3										—		
11	»	2	4	2											—	
12	»	2	4	3												—

Примечание. Во вторую смену (на той захватке, где ведется кладка стен) производится установка и перестановка подмостей для кладки 2-го и 3-го ярусов, заготовка кирпича, а на второй захватке (6 дн) производится монтаж перегородок, плит перекрытий, лестничных площадок, маршей, балконных плит и др.).

только в первую смену, а во вторую — монтаж сборных конструкций. Такой порядок работ позволяет сократить количество рабочих в комплексной бригаде более чем в два раза и наполовину уменьшить комплект подмостей.

Например, в бригаде Козорезова 24 человека (трест «Мособлстрой»). Из них 16 каменщиков (восемь специализированных звеньев — «двоек»), 4 монтажника, 2 такелажника и 2 штукатура. На возведение каждого участка затрачивается 3 сут, а на типовой этаж — 12 дн. Параллельно с кирпичной кладкой производятся монтажные работы в течение 6 дн на каждой захватке. Весь комплекс работ выполняют в технологической последовательности, которая показана в календарном плане (табл. 7.2).

7.20. Организация рабочего места каменщика и определение состава звена

От правильной организации рабочего листа каменщиков зависит производительность их труда. Кирпич, облицовочные материалы и раствор должны быть размещены на рабочем месте так, чтобы у каменщиков не было непроизводительных движений и работа велась бы с минимальной затратой усилий.

Для производства необходимых процессов, связанных с кирпичной кладкой, каменщику вдоль стены отводится рабочая зона шириной 60 см, где нельзя складировать материалы и изделия. Вдоль фронта работ в зоне материалов кирпич размещают на поддонах равномерно между ящиками с раствором. Поддоны с кирпичом устанавливают попарно, на расстоянии 40 см друг от друга, а ящики с раствором — на расстоянии 2,2 или 3,2 м (длинной или короткой стороной вдоль стены). Остальную часть подмостей шириной 1,25 м используют для прохода рабочих и как транспортную зону. Когда кирпич и раствор подаются непосредственно на рабочее место каменщиков, транспортная зона уменьшается до 60 см (служебный проход), а зона материалов расширяется до 1,3 м. В ней размещают также облицовочные материалы или контейнеры с плитами.

При выполнении кладки звено должно состоять из каменщиков определенной квалификации. Например, укладка кирпичей в наружную версту требует высокой квалификации, так как при этом необходимо точно соблюдать систему перевязки, выдерживать проектную толщину горизонтальных и вертикальных швов, горизонтальность рядов, вертикальность углов стены, четвертей оконных и дверных проемов, а также тщательно выполнять элементы архитектурного оформления. Укладка кирпича во внутреннюю версту несколько проще. Устройство забутки является несложным процессом и поэтому его может выполнять каменщик низшей квалификации. Учитывая это, научная организация труда предусматривает расчленение операций в зависимости от сложности их выполнения. Более сложные и трудоемкие процессы должен выполнять каменщик высшей квалификации, а простые — менее квалифицированный каменщик.

В зависимости от толщины стены, количества оконных и двер-

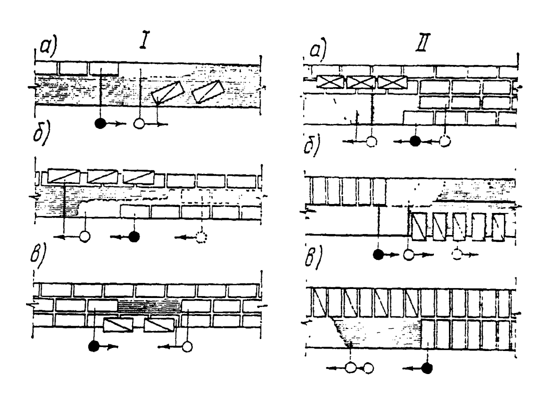


Рис. 7.26. Схема работы звеньев каменщиков:

I — звеном «двойка»: *а* — кладка наружной ложковой версты; *б* — то же, внутренней ложковой версты; *в* — то же, забутки; *II* — звеном «тройка»: *а* — кладка внутренней ложковой версты; *б* — то же, наружной тычковой версты; *в* — то же, внутренней тычковой версты; ● — каменщик высокого разряда; ○ — каменщик низкого разряда

ных проемов, сложности элементов архитектурного оформления организация работы в бригаде осуществляется по поточно-расчлененному способу звеньями: «двойка», «тройка» и «пятерка», а также по поточно-кольцевому способу звеном «шестерка». В первом случае каждое звено бригады работает в пределах своей делянки между определенными осями здания («поосевая» специализация), а во втором — все звенья перемещаются друг за другом по периметру стен в пределах захватки.

Звеньями «двойка» ведут кладку столбов, стен небольшой толщины (при цепной системе перевязки) с большим количеством проемов и сложным архитектурным оформлением. В звено «двойка» входит каменщик 4...5-го разряда, который ведет все процессы кладки и осуществляет контроль за ее качеством, и каменщик 3-го разряда — подсобный рабочий, подающий на стену раствор и кирпич (рис. 7.26, *I*). Недостаток организации труда в звене «двойка» состоит в том, что все операции, как сложные, так и простые, ведет квалифицированный каменщик.

Звеньями «тройка» возводят стены с менее сложным архитектурным оформлением толщиной в 2 кирпича при цепной системе перевязки и $1^1/_2$...2 кирпича — при многорядной кладке. В звено входит каменщик 4...5-го разряда, укладывающий вместе со своим подручным верстовые ряды, а третий каменщик 3-го разряда самостоятельно ведет забутку и расшивку швов (рис. 7.26, *II*).

Звеном «пятерка» ведут кладку стен толщиной в 2 кирпича и более с небольшим количеством проемов, несложным архитектурным оформлением и с облицовкой. В этом звене каменщик 4...5-го разряда с каменщиком 3-го разряда укладывает наружный верстовой или облицовочный ряд (рис. 7.26, *III*, *а*), каменщик 3...4-го разряда с рабочим 3-го разряда — внутренний верстовой ряд (рис. 7.26, *III*, *б*), а пятый каменщик 3-го разряда устраивает забутку и расшивает швы (рис. 7.26, *III*, *в*). В звене «пятерка» более равномерно и в соответствии со сложностью выполняемых операций загружены все каменщики.

Звено «шестерка» ведет кладку стен толщиной более двух кирпичей с небольшим количеством проемов и без сложных архитек-

турных оформлений. Работая по поточно-кольцевому способу, кладку осуществляют как бы тремя «двойками». Первая «двойка», состоящая из каменщика 4...5-го разряда и подручного 3-го разряда, укладывает наружный верстовой ряд. За ним движется вторая «двойка», состоящая из каменщика 3...4-го разряда и подручного 2-го разряда, укладывающая внутренний верстовой ряд. Третья «двойка» — каменщик 3-го разряда со своим подручным устраивает забутку. В обязанность каждого каменщика входит как укладка кирпичей, так и контроль за правильностью кладки, а каменщик с низким разрядом подает на стену кирпич, раствор и помогает каменщику переставлять причальный шнур.

Раскладку кирпичей вдоль стены производят в том положении, в каком они будут укладываться в кладку. Для наружного ложкового ряда кирпичи располагают (вне зоны работы каменщика) длинной стороной под небольшим углом к продольной оси стены, а для тычкового — перпендикулярно ей. Кирпичи заготовляют стопками (по два ряда высотой) с разрывами между ними, равными длине кирпича при укладке в ложковый ряд и $^1/_2$ кирпича при укладке в тычковый ряд.

7.21. Способы укладки кирпича

В период производства кирпичной кладки наружная плоскость стены оформляется под расшивку или штукатурку. При кладке под расшивку применяют способ **«вприжим с подрезкой»** (рис. 7.27, *а, в*). В этом случае раствор не стене расстилают грядкой высотой 25...30 мм, шириной 70...90 мм под ложковый ряд и 200...220 мм — под тычковый ряд с отступом от наружной плоскости стены на 10...15 мм. Для полного заполнения вертикального шва каменщик срезает кельмой с постели часть раствора, наносит его на грань ранее уложенного кирпича и зажимает укладываемым кирпичом, постепенно поднимая при этом кельму. Равномерное обжатие горизонтальной постели достигается осаживанием кирпича до уровня причального шнура. Излишний раствор, выжатый на наружную вертикальную плоскость стены, срезают кельмой. При этом швы как горизонтальные, так и вертикальные заполняют раствором полностью. После этого производят расшивку швов под линейку.

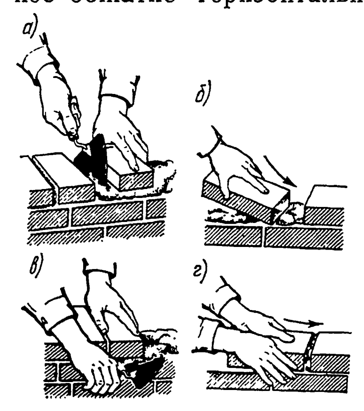


Рис. 7.27. Приемы возведения кирпичной кладки

Кладку под штукатурку или с углубленным швом выполняют впустошовку с применением способа **«вприсык»**. Пластичный раствор расстилают грядкой вдоль стены с отступом от наружной плоскости на 20...25 мм. Каменщик, держа в руке в наклонном положении кирпич, его гранью срезает

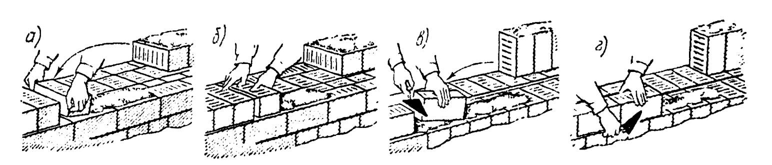


Рис. 7. 28. Укладка камней по способу Е. Железцова:
а, б — тычкового ряда; *в, г* — ложкового ряда

часть раствора с постели (рис. 7.27, *б, г*) и, приближаясь к ранее уложенному кирпичу, зажимает раствор в вертикальном шве. Обжатие раствора в горизонтальном шве производят нажатием рукой на уложенный кирпич с таким усилием, чтобы его верхняя грань сравнялась с уровнем причального шнура.

Кладку забутки ведут **«вполуприсык»**, при этом каменщик, взяв по кирпичу в каждую руку, укладывает их на постель между верстовыми рядами, тщательно заполняя раствором вертикальные поперечные швы.

При кладке стен из керамических камней способом «вприжим» или «вприсык» трудно обеспечить полное заполнение раствором вертикальных поперечных швов. В этом случае целесообразно применять способ Железцова, улучшенный Королевым. До укладки керамических камней в проектное положение их предварительно укладывают с противоположной стороны стены (относительно их места укладки) вплотную друг к другу тычковыми или ложковыми поверхностями кверху. Для кладки, например, тычкового ряда наружной версты рабочий укладывает по 10...12 керамических камней ложковой плоскостью кверху, в удалении от ранее уложенных камней на 300...400 мм (рис. 7.28, *а*). Затем ковшом-лопатой наносит раствор на стену и на наверстанные камни. После этого каменщик 4...5-го разряда берет камень за торцовые плоскости обеими руками и плавно поворачивает его так, чтобы покрытая раствором плоскость была вертикальна (рис. 7.28, *б*). Прижимая к ранее уложенному камню, вертикальный шов полностью заполняют раствором. Для кладки ложкового ряда камни устанавливают группами тычковой плоскостью кверху, на которые наносят раствор (рис. 7.28, *в*). Каменщик одной рукой отделяет от группы камень, наклоняет его (а чтобы раствор не сполз с тычковой плоскости, придерживает его кельмой), переносит к месту укладки и плотно прижимает к ранее уложенному камню. Выжатый раствор на наружную поверхность стены срезается кельмой и сбрасывается на растворную постель (рис. 7.28, *г*). Укладку камней в забутку производят аналогичным образом.

7.22. Механизация и автоматизация кирпичной кладки

Несмотря на быстрое развитие крупноблочного и крупнопанельного строительства, кирпич в городском строительстве применяют в большом количестве. В 1981 г. в СССР было изготовлено более 50 млрд. шт. кирпича.

Достоинства кирпича в том, что он является долговечным стеновым материалом и обладает хорошими теплотехническими свойствами. В здании с кирпичными стенами создается лучший микроклимат. Применяя декоративную кладку (кирпич различного цвета и фактуры), можно придать фасадам зданий определенную архитектурную выразительность. Вместе с тем кирпичной кладке присущ один существенный недостаток — большая трудоемкость. Для уменьшения ее ведутся большие работы как у нас, так и за рубежом.

Трудность механизации кирпичной кладки объясняется применением неоднородного материала (кирпич и раствор) и нестационарностью выполняемых процессов: укладка кирпичей производится с соблюдением определенной системы перевязки швов, при которой положение каждого кирпича меняется как по толщине, так и по высоте стены; необходимо точно выдерживать проектную толщину горизонтальных и вертикальных швов, с тщательным их заполнением раствором. Кроме того, в углах и примыканиях стен, при устройстве оконных и дверных четвертей процесс кладки осложняется необходимостью укладки $^3/_4$, $^1/_4$ кирпича. По мере возведения стен устраивают вентиляционные каналы, борозды, ниши, отверстия для санитарно-технического и электромонтажного оборудования, а также выполняют различные архитектурные оформления.

В Советском Союзе вопросами механизации кирпичной кладки занимались изобретатели: В. А. Терентьев, С. А. Селиванов, П. Д. Авдеев, А. П. Яковлев, С. Ф. Гладков, В. Ф. Попов, И. М. Цалькович и др. Из-за несовершенства разработанных ими машин для механизации кирпичной кладки ни одна из них не нашла практического применения.

Более совершенная кирпичекладочная машина, позволяющая автоматически выполнять все операции кирпичной кладки, предложена доц., канд. техн. наук П. А. Маловым. Его работа основана на копировании тех движений, какие совершает каменщик при укладке кирпича. Центры укладываемых кирпичей могут быть смещены друг относительно друга на $^1/_4$, $^2/_4$, $^3/_4$ или целый кирпич (250 мм) с поворотом его на 90°. Все возможные перемещения кирпичей записываются определенным рядом чисел (относительно центра координатных осей) и сводятся в технологические таблицы. В настоящее время эта машина проходит производственное испытание с устранением выявленных недостатков.

7.23. Исследование основных направлений механизации и автоматизации процессов кирпичной кладки

Для уменьшения трудоемкости кирпичной кладки по предложению В. С. Ребрикова на приобъектных складах и полигонах стали изготовлять кирпичные блоки. Применение кондукторов различной конструкции позволило исключить установку порядовок, натяжение и перестановку причального шнура. Укладка кирпичей

производилась между направляющими сторонами рамки, поднимающейся на один ряд по мере возведения кладки. Все это позволило повысить производительность труда каменщиков.

Наибольшая степень механизации изготовления кирпичных блоков достигается на заводах, где применяют установки ДТ-29, ДП-18 и др. Кирпич подают на рабочее место системой транспортеров, а раствор — растворонасосами. Каменщик укладывает кирпичи в формующую секцию на уровне 600 мм от рабочей площадки. После укладки очередного ряда кирпичей прокатывается тележка с раствором, устраивая растворную постель толщиной 10...12 мм. Под действием виброштампа раствор заполняет вертикальные швы и уплотняется в горизонтальных швах, что способствует повышению прочности вибрированной кладки. Затем поддон с кирпичным блоком механически опускается на один ряд. Процесс наращивания блока продолжается до получения проектной высоты, после чего он пневматическим толкателем сдвигается со станка на приводной рольганг, оттуда направляется в камеру пропаривания или площадку для естественного вызревания.

Заводской способ производства кирпичных блоков позволил механизировать отдельные процессы кладки, но в технологии их изготовления и монтажа есть недостатки: 1) приходится изготовлять большое количество типоразмеров блоков (40...80 — в зависимости от типа дома), что осложняет технологический процесс; 2) для соблюдения определенной системы перевязки швов каменщику, работающему на небольшом участке (длиной 1,2...1,5 м), нужно колоть много кирпича для получения четверток, половинок и трехчетверток, что отнимает у него много времени, а колка вызывает большие потери материала; 3) процесс кирпичной кладки блоков носит цикличный характер; после укладки каждого ряда кирпича каменщику приходится поднимать направляющую рамку (вручную или механически), а затем приступать к устройству горизонтальной растворной постели; при полигонном способе изготовления крупных блоков раствор и кирпич на рабочее место каменщика подают вручную; 4) после изготовления кирпичного блока на полигоне необходимо каждый раз переставлять шаблон на новое место с установкой и выверкой его; 5) для изготовления кирпичных блоков нужно иметь большое количество поддонов; 6) готовые кирпичные блоки выдерживают на складе в течение 3...4 сут, что требует больших площадей; 7) в стенах, смонтированных из кирпичных блоков, появляется большое количество дополнительных вертикальных швов, ухудшающих теплотехнические свойства кладки (особенно наружных стен) по сравнению с монолитной кирпичной кладкой; 8) соединение кирпичных блоков друг с другом по длине здания с помощью растворных шпонок вызывает дополнительный расход раствора (бетона) и трудозатрат; 9) для обеспечения жесткости всему зданию, возведенному из крупных кирпичных блоков, необходимо устраивать железобетонные пояса или прокладывать в горизонтальных швах металлические сетки, что вызывает удорожание кладки; 10) устройство горизонтального

монтажного шва и сам процесс установки и выверки кирпичного блока являются сложными и трудоемкими; при подъеме кирпичных блоков с помощью громоздких специальных захватов происходит нарушение монолитности кладки с выпадением в нижнем ряду отдельных кирпичей; 11) трудно изготовить в шаблонах кирпичные блоки с различными архитектурными элементами, поясками, пилястрами, сандриками и тем более карнизные блоки; все это приводит к тому, что кладку на стройке приходится вести комбинированным методом, т. е. сочетать монтаж стен из крупных кирпичных блоков с кладкой из штучного кирпича, укладываемого вручную.

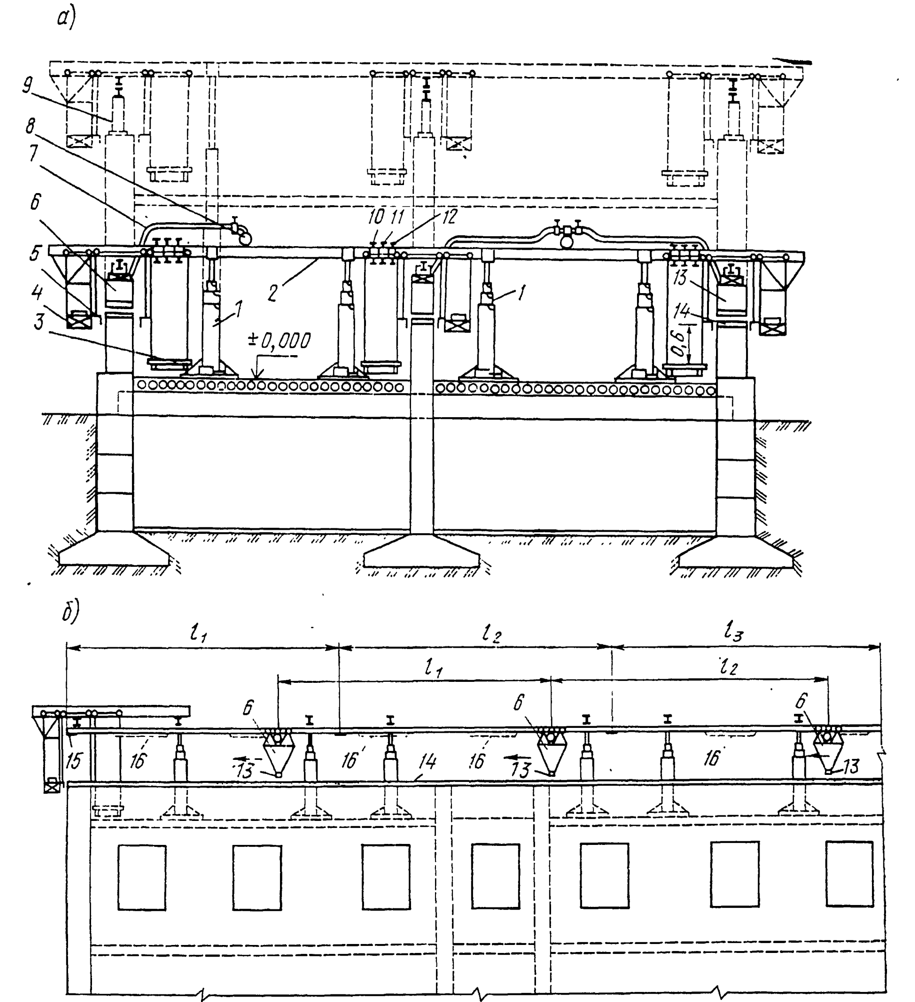
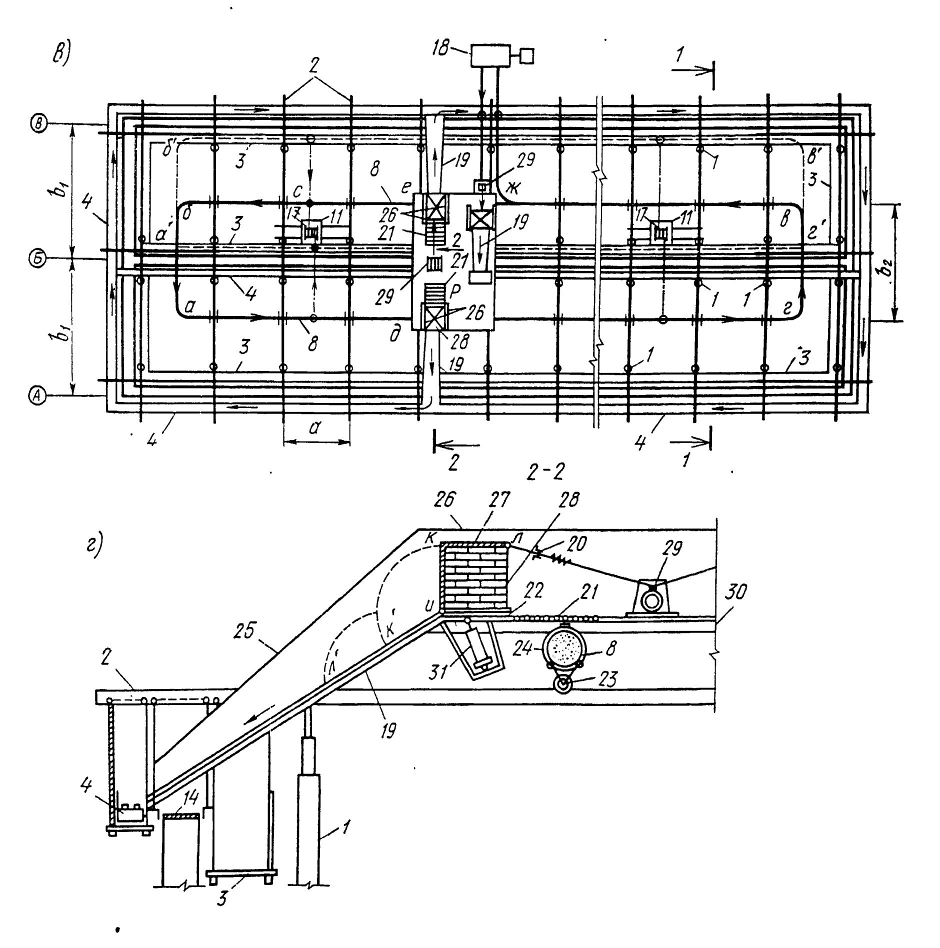


Рис. 7.29. Комплексная механизация процессов кирпичной кладки:

а — оборудование для автоматического подъема рабочей площадки системы подачи раство-кирпичной кладки; *в* — схема устройства площадки с лебедкой для перемещения растворо-створной

Учитывая недостатки, присущие крупным кирпичным блокам, автором (авт. св. № 1010236) разработан новый способ механизации процессов кирпичней кладки, основным элементом которого являются самоподъемные стойки, устанавливаемые на перекрытие вдоль всех наружных и внутренних стен с шагом, равным расстоянию между внутренними перегородками. Самоподъемные стойки *1* (рис. 7.29, *а*) телескопической конструкции с помощью электродвигателя и малогабаритного редуктора, установленных в ее основании, автоматически поднимаются на высоту одного ряда кладки в соответствии с заданным темпом кладки, т. е. с учетом времени, необходимого для укладки кирпичей на делянке каменщика. К верхней части стоек *1* прикреплены прогоны *2*, длина которых равна половине ширины здания плюс длина консоли 1 м. Само-



ра и кирпича; *б* — план здания с размещением оборудования для комплексной механизации провода; *г* — схема размещения раздаточных бункеров для устройства горизонтальной распостели

подъемные стойки и прогоны образуют как бы несущий пространственный каркас по всему зданию. К прогонам подвешены: раздаточный бункер *6* для раствора, направляющая рамка *5*, закольцованный транспортер *4* и рабочая площадка каменщика *3*. Раствор подается растворонасосом *18* в закольцованный растворопровод *8* (рис. 7.29, *в*), а из него по резиновым шлангам *7* — в раздаточный бункер *6*. С помощью тельфера по монорельсу бункер с раствором перемещается вдоль стены. Внизу бункера расположено сменное сопло *13* (с гасителем), из которого вытекает раствор плоской струей и равномерно ложится по всей ширине стены *14*. На готовую растворную постель каменщик укладывает кирпич способом «вприжим» или «вприсык». Количество бункеров и длина их перемещения по фронту работ каменщика l_1, l_2 и l_3 (рис. 7.29, *б*) зависят от емкости бункера и способа поступления в него раствора (непрерывно по резиновому шлангу от растворонасоса или из общего приемного бункера). При движении бункеров над оконными проемами подача раствора прекращается автоматическим устройством *16*. На границе каждой делянки каменщика находятся автоматические переключатели *15* обратного хода бункера с раствором.

На разгрузочные площадки *Р* (на плане условно показана одна) кирпич подается башенным краном, который одновременно поднимает 2...3 поддона, один из которых *28* устанавливается на опрокидывающуюся площадку *22* (рис. 7.29, *г*), а два других — на рольганг *21*. На две стороны поддона с кирпичом (*и—к*, *к—л*) набрасывается металлическая сетка *27*, один конец которой неподвижно закреплен по оси *и*, а второй (подвижный конец) с помощью траверсы *20* прикрепляется к канату лебедки *29*. Когда включается в работу гидроцилиндр *31*, площадка *22* плавно поворачивается вокруг оси *и* с одновременным ослаблением каната лебедки. При этом стопка кирпича, находясь между двумя ограждающими стенками *26*, постепенно наклоняется, сетка из положения *и—к—л* переходит в положение *и—к′—л′* и кирпич по наклонному лотку *19* поступает на закольцованный транспортер *4*. Чтобы кирпич во время своего перемещения не слетел с наклонного лотка, по его бокам устраивают ограждающие стенки *25*.

Если при существующей технологии кладку ведут с применением обычных подмостей высотой 1,2 м, то производительность каменщика резко меняется: на уровне 150 мм от рабочего настила она составляет 54 %, а на высоте 1500 мм — 17 % (за 100 % принимают производительность каменщика, работающего на уровне 600 мм). В рассматриваемом способе рабочая площадка всегда находится на 600 мм ниже уровня кладки и тем самым обеспечивает каменщику оптимальные условия в работе.

Укладку кирпича производят между уголками направляющей рамки *5*, которая фиксирует толщину стены и горизонтальность рядов. Рамка подвешена к прогонам и поднимается вместе с ними по окончании кладки каждого ряда. Более точную выверку направляющей рамки, раздаточного бункера и ленточного транспортера производят в горизонтальной плоскости установочными вин-

тами *10*, *11* и *12* и в вертикальной плоскости — соответствующими винтами, расположенными внизу прогона *2*. Кладку наружных и внутренних стен ведут одновременно по всему зданию. Количество каменщиков определяют из условия возведения одного этажа в одну-две смены.

По окончании кладки очередного этажа на возведенные стены устанавливают монтажные стойки *9* (которые ранее были приподняты кверху), рабочие стойки *1* обратным движением занимают исходное положение, закольцованный растворопровод *8* вместе с разгрузочными площадками *Р* и поднятыми лотками *19* перекатывают из рабочего положение *а—б—в—г* в нерабочее положение *а′—б′—в′—г′* и тем самым пролет между продольными осями *А—Б* подготавливается для монтажа перегородок и плит перекрытий. Перемещение закольцованного растворопровода *8* производится с помощью двух лебедок *17*, которые располагаются на площадках *11*, имеющих возможность передвигаться на катках вдоль ригелей (в зависимости от того, в каком пролете ведется монтаж плит перекрытий), а в стационарном положении они жестко закрепляются на ригелях *30* с помощью стопорных винтов. Растворопровод перемещается по ригелям на катках *23*, к которым прикреплены седельчатые основания. С ними шарнирно соединены разъемные захваты *24*, удерживающие трубу в проектном положении.

Для удобства монтажа панелей перегородок самоподъемные стойки с прогонами смещены относительно поперечных осей на 300...400 мм. По окончании монтажа междуэтажного перекрытия включаются электродвигатели всех стоек *1* и они снова опираются на железобетонные настилы. Монтажные стойки *9* убираются гидроцилиндром, рабочие площадки и закольцованный растворопровод механически перемещаются на свое место и начинается кладка стен следующего этажа.

Достоинства предлагаемого способа механизации кирпичной кладки состоят в следующем: 1) сокращается срок строительства в 6 раз; если при существующей двухзахватной системе кладка стен одного этажа выполняется за 6 сут, то в предлагаемом способе этаж можно возвести за сутки; 2) количество рабочих уменьшается в 2,5 раза, так как кладка стен выполняется без подсобного рабочего, а плотники не нужны для установки и перестановки подмостей; 3) повышается производительность каменщиков в 2,5 раза, поскольку они работают без подсобных рабочих и в оптимальном положении (всегда на уровне 600 мм от рабочих площадок); 4) полностью механизированы процессы подачи кирпича на рабочее место каменщиков, а процессы устройства горизонтальной растворной постели автоматизированы; 5) повышается производительность башенного крана на 60 %, так как он используется только для подъема кирпича (не поднимая и не переставляя легкие подмости и ящики для раствора).

7.24. Производство каменной кладки в зимних условиях

В зимних условиях (при среднесуточной температуре наружного воздуха 5 °С и ниже и минимальной суточной температуре 0 °С и ниже) кладку конструкций из кирпича, камней правильной формы и крупных блоков ведут тремя способами: на растворах с противоморозными химическими добавками, замораживанием обычного раствора и искусственным прогревом раствора в несущих элементах зданий (колоннах, простенках, арках, сводах), используя для этого теплый воздух, электропрогрев и тепляки. Распространение нашли первые два способа как наиболее экономичные и незначительно осложняющие процесс производства каменных работ.

Сущность **способа замораживания** заключается в том, что после кладки кирпича, раствор вскоре замерзает и процесс его твердения прекращается, а после оттаивания раствор продолжает набирать прочность. Кладку способом замораживания ведут как обычную на открытом воздухе при отрицательной температуре. Для равномерного обжатия в горизонтальном шве раствора (по всей постели укладываемого кирпича) кладку производят в соответствии со СНиП III-17—78 на подогретом растворе с положительной температурой не ниже 5; 10 и 15 °С при температуре воздуха соответственно до —10, —20 и ниже —20 °С при скорости ветра до 6 м/с. При большей скорости ветра указанная температура раствора должна быть увеличена на 5 °С.

Для кладки способом замораживания используют цементные и сложные растворы не ниже М10, которые после оттаивания сохраняют способность увеличивать прочность и тем больше, чем выше марка раствора (рис. 7.30). Известковые и известково-глиняные растворы этим свойством не обладают и поэтому для кладки в зимних условиях не применяются.

Поскольку раствор укладывают тонким слоем по холодной постели кирпичей и при отрицательной температуре воздуха, он вскоре замерзает (см. *а—б* на рис. 7.30) и прочность замороженной кладки превышает кладку, возведенную в летних условиях. В период зимних оттепелей прочность кладки может колебаться (*б—в*), но с наступлением положительной температуры воздуха раствор в кладке начинает оттаивать со значительным уменьшением прочности (*в—г*). Если раствор к моменту замораживания имел в кладке нулевую прочность и в зимний период не было длительных оттепелей с положительной температурой, то в момент оттаивания

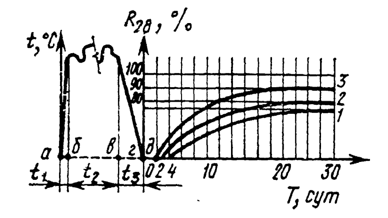


Рис. 7.30. График изменения прочности кладки во времени в период замораживания раствора и его оттаивания:

1, 2, 3 — кладка на растворе, соответственно М10, 25, 50

(*в—г*) такой раствор переходит из твердого в первоначальное (подвижное) состояние со значительной потерей прочности кладки — до критической величины (*г—д*). С дальнейшим повышением температуры воздуха процесс твердения раствора ускоряется (*д—е*), но конечная прочность кладки, возведенной в зимних условиях, оказывается ниже обычной. Величина снижения прочности раствора зависит от времени его замерзания после укладки в конструкцию, длительности воздействия отрицательной температуры и ее величины. При сильных и длительных морозах влага в растворе вымораживается, процесс гидратации цемента в талом растворе ухудшается и сила сцепления раствора с кирпичом снижается.

Если кладка простенка или колонны выполнена при положительной температуре на цементном или сложном растворе и он замерз после приобретения 70 % расчетной прочности, то после оттаивания кладки практически не происходит потери конечной прочности раствора. Если же раствор в кладке замерз сразу после его укладки, то его конечная прочность снижается. Для компенсации этой потери необходимо повышать марку раствора и кирпича или применять сетчатое армирование в соответствии с проектом.

Противоморозные добавки обеспечивают твердение раствора и при отрицательной температуре уменьшают усадку кладки при оттаивании и повышают ее монолитность. В качестве противоморозных добавок применяют нитрит натрия при температуре воздуха от 0 до —15 °С в количестве 2...10 % от массы цемента; поташ при температуре от —5 до —30 °С в количестве 5...15 %, а также в сочетании нитрит натрия и поташ; нитрит кальция с мочевиной; хлористый кальций и хлористый натрий; ННХКМ (готовый продукт); ННХК и мочевина (см. СНиП III-17—78 в прилож. 1). Недостаток противоморозной добавки состоит в том, что она вызывает сокращение срока твердения раствора и оказывает разрушающее действие на силикатный кирпич и силикатную облицовочную плитку.

Способ замораживания кладки, возведенной на портландцементном растворе, применяют при строительстве зданий высотой до пяти этажей, а на шлакопортландцементном — до трех этажей, или соответствующего количества верхних этажей в многоэтажном здании.

Способ замораживания нельзя применять: при кладке конструкций внецентренно сжатых со значительным эксцентриситетом, а также подвергающихся вибрации или динамическим нагрузкам во время оттаивания; при возведении тонкостенных сводов двойной кривизны и цилиндрических сводов толщиной менее 10 см; при возведении стен и столбов из бутобетона или рваного камня, а также бутовых фундаментов «под залив». Все мероприятия по возведению каменных конструкций в зимних условиях (марка кирпича и раствора, его температура в период укладки, предельная высота конструкции, повышение прочности кладки и др.), а также по усилению конструкций в период оттаивания кладки должны

быть предусмотрены в рабочем проекте (в виде специальных указаний).

Для снижения тепловых потерь в атмосферу растворовозы зимой необходимо утеплять, а раствор рекомендуется подогревать в пути отработанными газами автомобиля. На строительной площадке раствор разгружают в утепленные металлические ящики с двойными стенками и днищем. В днище вмонтированы три трубчатых нагревателя, а в боковых продольных стенках — по одному. Ящик закрывают утепленной крышкой и устанавливают на салазки. После прогрева в течение 30...40 мин раствор сохраняет температуру 10...20 °С, в течение 3...4 ч — при морозе —25, —30 °С. В пределах захватки на высоту яруса кладку способом замораживания необходимо вести без перерыва в работе. Толщина горизонтальных швов при этом не должна превышать 12 мм, а вертикальных — 10 мм.

При оттаивании зимней кладки происходит ее осадка, величина которой зависит от температуры наружного воздуха, количества морозных дней, интенсивности оттаивания, марки раствора, его состава, подвижности, температуры раствора при укладке и толщины горизонтальных швов. С учетом этих факторов среднюю величину осадки зимней кладки при ее оттаивании принимают 0,5 мм на 1 м высоты конструкции, возведенной из кирпичных и бетонных камней, и 1...2 мм для бутовой кладки. Во время оттепелей необходимо обеспечить равномерное оттаивание кладки по толщине стены. Длительность глубины оттаивания кладки стен различной толщины при одностороннем и двустороннем отогревании теплым воздухом с различной температурой приведена в СНиП III-17—78 в прилож. 2 и 3.

Проектную прочность зимняя кладка приобретает примерно через 2 мес после начала оттаивания. Наиболее интенсивное оттаивание зимней кладки происходит с южной стороны здания, что может вызвать неравномерную осадку и деформации особенно нагруженных каменных конструкций, расположенных в нижних этажах (кирпичных столбов и простенков). Чтобы не допустить появления опасных деформаций, в углах наружных стен и в местах примыкания внутренних стен к наружным укладывают стальные связи из полосовой или круглой стали $d = 10...12$ мм с анкерами на концах (рис. 7.31). При высоте этажей менее 4 м связи устраивают в уровне перекрытия второго, четвертого и каждого из последующих этажей, а при высоте более 4000 мм — в уровне каждого этажа. Концы балок, прогонов и настилов перекрытий следует заанкеривать в кладке, а несущие кирпичные столбы жилых домов временно усиливать обоймами из уголков и раскреплять связями в уровне всех междуэтажных перекрытий; высокие и нагруженные оконные простенки, которые могут потерять устойчивость в период оттаивания кладки, усиливают двусторонними сжимами из бревен с помощью проволочных скруток или болтовых соединений, малоустойчивые стены укрепляют в поперечном направлении подкосами, связями или сжимами. Для разгрузки внутрен-

них кирпичных столбов и простенков необходимо устанавливать под прогоны и балки длиной более 2,5 м разгрузочные стойки на клиньях. Установленные крепления и связи не должны препятствовать естественной осадке каменных конструкций.

Рядовые и клинчатые перемычки в зимних условиях возводят на подвесной опалубке пролетом до 1500 мм, а перемычки над оконными или дверными проемами пролетом до 1500 мм — по сборным железобетонным элементам.

При устройстве карнизов с общим выносом свыше 200 мм и более половины толщины стены применяют железобетонные плиты с анкерами, обеспечивающими надежную связь с нижележащей кладкой. При меньшем выносе карниз устраивают с постепенным напуском тычковых рядов (но не более 100 мм) с защемлением его вышележащей кладкой и закреплением анкерами.

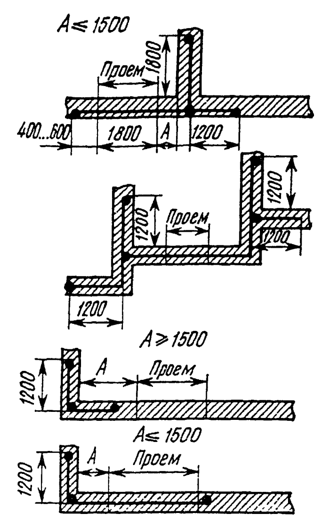


Рис. 7.31. Схема усиления кладки, выполненной в зимних условиях

В облегченной кладке, выполняемой в зимних условиях, в качестве теплоизоляционного материала целесообразно применять вкладыши из керамзитобетонных или шлакобетонных камней. Этим способом можно возводить здания высотой до 16 м, а с применением шлакобетона (с малым содержанием воды) — высотой до 8 м и при высоте этажа не более 4 м.

Способ обогрева кладки используют в тех зданиях или сооружениях, при возведении которых нельзя применить способ замораживания (сооружения и конструкции большой высоты, воспринимающие большие нагрузки). В этом случае раствор в кладке сразу после его укладки не замерзает, а твердеет при положительной температуре до момента, когда он наберет не менее 20 % от проектной прочности. Затем обогрев прекращают, раствор замерзает, а после оттаивания происходит дальнейшее его твердение без потери конечной прочности. Для обогрева кладки применяют электро- и паропрогрев или воздухообогрев поверхности каменных конструкций, заключенных в теплозащитные рубашки.

Электропрогрев кладки осуществляют с применением пластинчатых (рис. 7.32, *а*) или стержневых электродов $d = 4...6$ мм, укладываемых в горизонтальные швы кладки. Электрический ток, проходя по раствору между электродами, выделяет теплоту. В армированной кладке для электропрогрева можно использовать не связанные между собой арматурные сетки. Электропрогрев бутобетонного фундамента производят с применением вертикальных стержневых электродов $d = 6$ мм, нашиваемых на опалубку (рис. 7.32, *б*). Для уменьшения тепловых потерь в атмосферу

Рис. 7.32. Электропрогрев:

а — кирпичной кладки с помощью пластинчатых электродов: *1* — электроды; *2* — отпайки; *3* — питающие провода; *4* — электросеть напряжением 220...380 В; *б* — бутобетонного фундамента: *1* — толь; *2* — стержень *d* = 6 мм; *3* — опилки

бутобетонную стену покрывают сверху толем и засыпают опилками. Расстояние между электродами определяют в зависимости от температуры наружного воздуха, модуля поверхности конструкции, вида раствора и при напряжении 220...380 В принимают не более 400 мм. Расход электроэнергии при прогреве 1 м^3 незамерзшей и неутепленной кладки с модулем поверхности 4...6 составляет 56... 76 кВт·ч. Способ электропрогрева увеличивает стоимость кладки на 15...20 %. Прогрев каменных конструкций с применением пара или горячего воздуха (от калориферов) является дорогостоящим и громоздким, так как требует устройства разводящей сети и паровой рубашки, на что уходит большое количество материалов.

Кладку в тепляке (временное утепленное сооружение над возводимой конструкцией) осуществляют при положительной температуре воздуха внутри тепляка. Температуру раствора поддерживают не менее +5 °С, а воздуха — в зависимости от срока выдерживания кладки в тепляке (до приобретения раствором не менее 20 % проектной прочности). При температуре воздуха +5 °С и растворе М50...100 кладку в тепляке выдерживают 6 сут; при той же марке раствора и температуре воздуха 10 и 20 °С время выдерживания составляет соответственно 5 и 3 сут. Кладка в тепляке увеличивает стоимость каменных работ на 30...35 % и поэтому применяется в исключительных случаях. При выполнении кладки в зимних условиях наиболее экономичным является способ замораживания, увеличивающий стоимость каменных работ на 8...12 %. С применением быстротвердеющих растворов стоимость зимней кладки увеличивается на 10...15 %, а растворов, приготовленных на противоморозных добавках, — на 12...20 %.

7.25. Охрана труда

Если кладку фундаментов ведут в траншеях или котлованах с вертикальными стенками, то необходимо следить за прочностью креплений (призмы обрушения грунта). Выемки без креплений должны иметь устойчивые откосы. По периметру котлованов или вдоль бровок траншей необходимо оставлять полосу шириной не менее 500 мм, на которой нельзя располагать ни грунт, ни строительные материалы. Спуск рабочих в котлован или траншею, а также подъем на подмости осуществляют по стремянкам (с перилами) шириной не менее 1 м и уклоном не более 1 : 3.

Подъем и подачу кирпича на рабочие места каменщиков производят пакетами на поддонах с применением ограждающих футляров или специальных захватов. Спуск порожних поддонов с подмостей осуществляют с использованием ограждающих футляров. Запрещается перегружать подмости и леса сверх нормативной нагрузки.

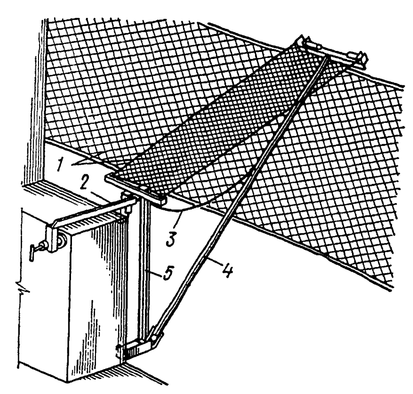


Рис. 7.33. Закрепление кронштейнов в оконных проемах для устройства улавливающих сеток по периметру здания:

1 — сетка из лавсановых крученых веревок диаметром 3,1 мм с ячейкой 50×50 мм; *2* — струбцина; *3* — предохранительный строп; *4* — кронштейн; *5* — опора

Нельзя вести кладку стен зданий на высоту более двух этажей без устройства междуэтажных перекрытий или временного настила по балкам перекрытий, а также без устройства площадок, маршей и их ограждений в лестничных клетках. Кладка каждого яруса должна заканчиваться на 0,7 м выше уровня рабочего настила или междуэтажного перекрытия. При невозможности соблюдения этого правила необходимо рабочим пользоваться предохранительными поясами или устраивать специальные сетчатые защитные ограждения. Нельзя вести кладку стены, находясь на ней. Рабочая зона каменщиков, т. е. расстояние от стены до поддонов с кирпичом и ящиков с раствором, должна быть не менее 600 мм, а между рядами пакетов — 400 мм.

В период кирпичной кладки стен (2-го и 3-го ярусов) оконные проемы необходимо ограждать до установки столярных изделий. Отверстия в перекрытиях следует закрывать щитами или ограждать их перилами высотой не менее 1 м.

Расшивку швов с наружной стороны стен производят после укладки каждого ряда кирпича и только с подмостей. Балконные плиты с постоянным ограждением необходимо укладывать до начала кладки 1-го яруса следующего этажа.

Если кладку ведут с внутренних подмостей, то по периметру здания устраивают защитные инвентарные козырьки в виде настила на кронштейнах или на консолях (рис. 7.33). Кронштейны закрепляют в оконных проемах или навешивают на стальные крюки, заделанные в стене по мере ее возведения на расстоянии не более 3 м друг от друга. Козырьки шириной не менее 1,5 м устанавливают с уклоном от стены вверх под углом 20° к горизонту и с бортовой доской на наружном конце. Сетка или настил козырька должны быть сплошными, прочными и рассчитаны на равномерно распределенную снеговую и сосредоточенную нагрузку в 1600 Н, приложенную посередине пролета. Первый ряд козырьков устанавливают на высоте не более 6 м от земли и оставляют до

полного окончания кладки, а второй ряд — на высоте 6...7 м над первым с последующей его перестановкой через каждые 6...7 м по мере возведения кладки. Рабочие, монтирующие и демонтирующие защитные козырьки, должны иметь предохранительные пояса с надежным их закреплением к конструкциям. Запрещается ходить по козырькам, складировать на них материалы или использовать как подмости. В зданиях высотой не более 7 м разрешается вести кладку без защитных козырьков, но при наличии ограждения, установленного на расстоянии 1,5 м от стены.

Над входами в лестничные клетки устраивают навесы размером 2×2 м. Во время перерыва в кладке и при подъеме подмостей запрещается оставлять на стенах кирпич, поддоны и инструменты. Кладку кирпичных карнизов со свесом более 30 см необходимо вести с наружных лесов.

При раскружаливании арок и сводов должно быть обеспечено равномерное опускание опалубки. В период оттаивания зимней кладки необходимо установить за ней постоянное наблюдение, вести журнал и выполнить весь комплекс мероприятий, предусмотренных проектом производства работ.

Глава 8. БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ РАБОТЫ

А.8. ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ

8.1. Общие сведения

Наряду со сборным железобетоном в городском строительстве в больших объемах применяют монолитные бетонные и железобетонные конструкции: это фундаменты мостов, эстакад, ростверки свайных фундаментов, набивные сваи, ванны плавательных бассейнов, проезжая часть автомобильных дорог, бетонная подготовка и т. д. В скользящей опалубке возводят в монолитном железобетоне гражданские здания и инженерные сооружения: жилые дома, гостиницы, телевизионные башни, опоры мостов и др.

Достоинство бетонных и железобетонных конструкций состоит в том, что в эксплуатации они долговечны, несгораемы, морозостойки, не требуют больших эксплуатационных затрат. Используя такие ценные свойства, как подвижность и пластичность, из бетонных смесей можно изготовлять конструкции, различные по форме и размерам, и достигать при этом определенной архитектурной выразительности.

Сборные железобетонные конструкции изготовляют на заводах, домостроительных комбинатах и полигонах. Монолитные конструкции возводят непосредственно на строительных объектах. Монтаж зданий и сооружений из сборных железобетонных элементов можно осуществлять на сварке или без нее, с последующим замоноличиванием швов. Электросварка закладных стальных элементов, антикоррозионная их защита, замоноличивание швов (с обеспече-

нием непромерзаемости, влаго- и воздухонепроницаемости) повышают трудоемкость и стоимость строительства. В монолитных конструкциях этих недостатков нет, но для них необходимо устраивать громоздкую и дорогостоящую опалубку; в зимних условиях удорожается производство бетонных работ; на строительной площадке нельзя достичь высокой точности изготовления конструкций и полностью механизировать все процессы, что возможно на заводах железобетонных изделий. Поэтому при выборе способа изготовления железобетонных конструкций необходимо учитывать сроки, условия возведения, расстояние транспортировки конструкций, наличие местных материалов, объем и назначение, а также повторяемость (серийность) конструкций.

Область применения сборных или монолитных железобетонных конструкций определяется на основании тщательных технико-экономических сравнений различных вариантов с учетом всех факторов, влияющих на стоимость строительства.

При возведении монолитных железобетонных конструкций выполняют комплекс технологических процессов — заготовительных и построечных. Заготовительные процессы выполняют, как правило, на заводах: изготовление опалубочных щитов, коробов, инвентарных стоек, арматурных каркасов, сеток, приготовление бетонных смесей и др. На месте строительства выполняют: сборку из готовых элементов опалубки колонн, балок и перекрытий; установку арматурных каркасов и сеток; транспортирование на рабочее место бетонной смеси с укладкой и уплотнением и уходом за бетоном в период твердения; разборку опалубки.

8.2. Классификация опалубки

При изготовлении железобетонных конструкций применяют опалубку: деревянную (из пиломатериалов и фанеры), деревометаллическую, гидрофобные древесностружечные и древесноволокнистые плиты, металлическую (стальную, из алюминиевых сплавов и сетчатую), железобетонную (плиты-оболочки с обычной и предварительно напряженной арматурой), пластмассовую (стеклопластиковую, с обшивкой деревянных щитов листами стеклопластиков и термопластов) и тканевую.

Инвентарные деревянные формы изготовляют из обрезных досок не ниже третьего сорта, одинаковой толщины, шириной до 15 см, с влажностью не более 25 %. Для уменьшения сцепления бетона с деревянной опалубкой, что влияет на срок ее службы (оборачиваемость), лицевые поверхности досок, соприкасающиеся с бетоном, должны быть остроганы и иметь антиадгезионные покрытия: водные суспензии, гидрофобизирующие смазки, а также смазки — замедлители схватывания бетона (в зоне контакта опалубка — бетон) и комбинированные смазки. Применяют также деревянные щиты, лицевую поверхность которых покрывают синтетической смолой или облицовывают 3 мм листовым полиэтиленом. Такие щиты легко снимаются (без смазки), позволяют получить ровную и гладкую

поверхность. Фанерные листы приклеивают к элементам деревянного каркаса щита водостойким клеем и сверху покрывают водостойким составом (фенолоформальдегидным клеем и др.)

Назначение опалубки состоит в том, чтобы обеспечить необходимую форму и размеры изготовляемой конструкции из монолитного бетона. В зависимости от назначения сооружения, формы и размера возводимой железобетонной конструкции, условий производства работ в соответствии со СНиП III-15—76 применяют следующие типы опалубки: 1) разборно-переставную — инвентарно-унифицированную (при устройстве разнотипных конструкций, включая криволинейного очертания); неунифицированную (при устройстве конструкций небольшого объема); неинвентарную (при устройстве единичных нетиповых конструкций); 2) разборно-переставную крупнощитовую — для крупноразмерных массивных конструкций; 3) подъемно-переставную — для конструкций и сооружений переменного сечения по высоте (телевизионные башни, дымовые трубы, опоры мостов); 4) горизонтально-перемещаемую (катучую) — для линейных сооружений, в том числе криволинейного очертания (подземные коллекторы, тоннели, водоводы, возводимые открытым способом); 5) тоннельную — для устройства монолитной обделки тоннелей, возводимых закрытым способом (см. рис. 3.50, *а*, *б*); 6) блок-формы — для возведения отдельно стоящих конструкций замкнутого контура объемом до 25...30 м^3 (ступенчатые фундаменты, колонны, ростверки); 7) индивидуальные блок-формы: неразъемные — для устройства однотипных конструкций малого объема (до 5 м^3) с распалубкой в раннем возрасте и разъемные — для бетонирования однотипных конструкций объемом до 15 м^3; 8) переналаживаемые блок-формы — для бетонирования конструкций, отличающихся как линейными размерами, так и конфигурацией; 9) объемно-переставную — для возведения жилых и гражданских зданий с поперечными несущими стенами и монолитными покрытиями; 10) скользящую — для возведения вертикальных зданий и сооружений высотой более 15 м; 11) пневматическую — для сооружений криволинейного очертания; 12) несъемную (с применением плит-оболочек) — для изготовления конструкций без распалубливания, для облицовки поверхностей сооружений, гидроизоляции или теплоизоляции конструкций; 13) применяют утепленную и термоактивную опалубку — для ускорения твердения бетона.

Любой тип опалубки должен обладать устойчивостью, прочностью, жесткостью и неизменяемостью геометрических размеров. Опалубочные формы не должны допускать вытекания из них цементного молока при укладке и уплотнении бетонной смеси. Элементы всех видов опалубочных форм и поддерживающих лесов изготовляют на заводах, а на строительной площадке должна производиться лишь сборка опалубки.

Устройство и снятие, например, деревянной опалубки из отдельных элементов составляет по трудоемкости 35...50 %, а по стоимости — 15...30 % от общей стоимости железобетонных работ. Для снижения стоимости строительства необходимо применять инвентар-

ную унифицированную опалубку, которая обеспечила бы высокое качество бетонных работ, малую адгезию, максимальную оборачиваемость и требовала бы минимум времени на ее установку и снятие.

8.3. Разборно-переставная опалубка

Этот тип опалубки широко используют не только в промышленном, гидротехническом, но и в городском строительстве при возведении всех видов гражданских зданий, транспортных сооружений, монолитных железобетонных ванн, плавательных бассейнов, подпорных стенок, подземных гаражей и т. д. Опалубку монтируют из инвентарных элементов: коробов балок, колонн, щитов перекрытий и вертикальных стен, прогонов, стоек, распорок и т. д. После укладки и твердения бетона элементы опалубки снимают, очищают от прилипшего бетона, в необходимых случаях ремонтируют и устанавливают на следующей захватке или этаже для повторного применения. На рис. 8.1, *а, б* показано строительство плавательного бассейна с применением разборно-переставной опалубки. По ранее забетонированному железобетонному днищу бассейна производят разбивку продольных, поперечных осей и мест установки стоек *1*. Расстояние между стойками l_3, l_4, l_5 и l_6 (рис. 8.1, *в, г*) определяют расчетом в зависимости от величины воспринимаемого распора бетонной смеси в период ее уплотнения, т. е. с учетом толщины конструкции, высоты яруса, толщины опалубочных досок, массы бетонной смеси и способа ее укладки. Если применяют плоские щиты из досок толщиной 25 мм, то расстояние между стойками составляет 600...800 мм.

С применением жестких опалубочных щитов («Монолит-72», ЦНИИОМТП) коробчатого сечения *3* (рис. 8.1, *ж*) и стяжек *6* (рис. 8.1, *д*) расстояние между стойками может быть увеличено до 1,5 м. Это позволяет уменьшить количество стоек, прогонов и подкосов в 2...2,5 раза. Опалубочные щиты коробчатого сечения изготовляют из досок толщиной 28 мм в шпунт шириной и длиной кратно укрупненному модулю 400; 500; 600 мм. Соединяют их друг с другом по всему периметру и тем самым образуют как бы сплошную (неразрезную плиту). Рамки смежных щитов соединяют между собой либо с помощью крепежных металлических петель *5* (рис. 8.1, *ж*, узел *1*) и деревянных клиньев *4*, либо только с помощью клиньев. Если вертикальные стенки ванны бассейна имеют небольшую толщину (200...300 мм), но значительную высоту (до 4,5 м), то при большом количестве арматуры бетонирование ведут по ярусам. Внутреннюю опалубку устанавливают на всю высоту ванны, а наружную — на высоту 1-го яруса. По мере укладки и твердения бетона опалубку наращивают на высоту 2-го, а затем и 3-го яруса.

Инвентарные стойки длиной 1,5; 2 и 3 м (рис. 8.1, *е*) сделаны из двух досок, соединенных друг с другом с помощью деревянных прокладок и металлических накладок (на концах). Внутренние и наружные стойки соединяют друг с другом натяжными болтами *2*

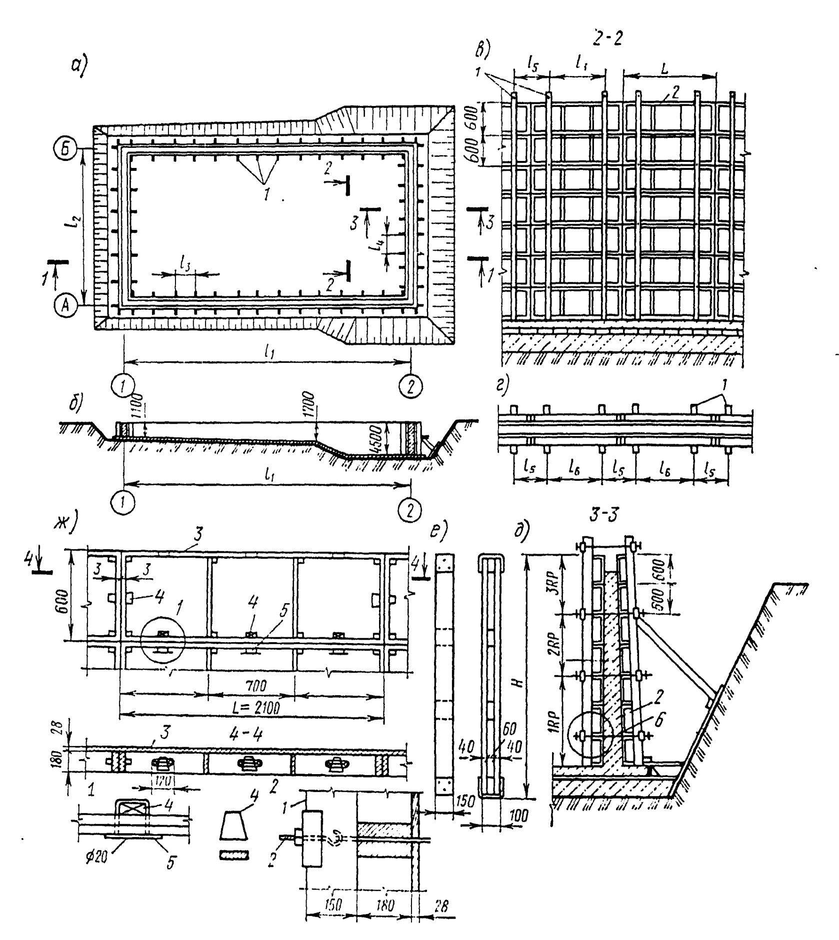


Рис. 8.1. Технология устройства разборно-переставной опалубки при строительстве плавательного бассейна

(d=20 мм) и металлическими стяжками *6* или проволочными скрутками (см. рис. 8.1, *д*, узел *2*). Заданную толщину стенки обеспечивают установкой между опалубочными щитами пластмассовых трубок или временных деревянных прокладок, которые затем удаляют по мере бетонирования.

Поскольку распор от бетонной смеси воспринимается правым и левым опалубочными щитами и передается на стойки с помощью стяжек и болтов, конструкция опалубки не испытывает опрокидывающего усилия. Поэтому в момент сборки опалубки сначала жестко устанавливают лишь один (наружный) ряд стоек с подкосами и опалубочными щитами, а к ним с помощью болтов и стяжек крепят опалубку и стойки внутреннего ряда. При большой толщине подпорных стенок, опор мостов и других конструкций опалубку из щитов коробчатого сечения можно устраивать без подкосов, но при

этом должен быть сделан расчет на устойчивость опалубки от ветровой нагрузки (в период ее монтажа).

Другим примером использования разборно-переставной опалубки является строительство подземного гаража-стоянки с монолитным железобетонным каркасом и перекрытием (рис. 8.2, *а*). Монтаж опалубки фундамента колонны начинают с установки нижнего прямоугольного короба *а — б — в — г* (рис. 8.2, *г*), который собирают из пары закладных *а — г*, *б — в* и пары накрывных щитов *а — б*, *в — г*. Распор от бетонной смеси внизу каждого щита воспринимается прижимной доской *1*, а сверху — подкосами *2*, упирающимися своими концами в доски *3*, уложенные по откосу котлована или ямы. Затем устанавливают короб второй ступени, в котором нижние доски накрывных опалубочных щитов длиннее щита *д — е*, *ж — з* и своими концами опираются на ранее установленный короб. После выверки его относительно продольной и поперечной осей верхний короб *5* закрепляют к нижнему *4*, а жесткость ему придается либо системой подкосов, либо проволочными стяжками.

До начала бетонирования укладывают арматурную сетку внизу первой ступени фундамента и арматурные выпуски *7* (рис. 8.2, *в*), которые необходимы для соединения с рабочей арматурой колонны. Для того чтобы точно установить и закрепить опалубку колонны сверху фундамента, в плоскости верхней ступени по осям *А — А* и *I — I* втапливают в свежеуложенный бетон деревянные пробки *6*. Когда бетон в фундаменте затвердеет, к пробкам прибивают рамку *10* точно по разбивочным осям. На рамку устанавливают короб колонны *8* и закрепляют его с помощью брусков *9*. Для очистки короба колонны от мусора внизу одного из щитов устраивают дверцу, забиваемую перед бетонированием.

Короба главных *1* и второстепенных балок *2* укладывают на инвентарные стойки *3*, которые для устойчивости раскрепляют в двух направлениях горизонтальными связями *5* и диагональными раскосами *4* (рис. 8.2, *б*). Применяют стойки деревянные, деревометаллические и металлические (рис. 8.2, *д*, *е*). На рис. 8.2, *ж* показана раздвижная стойка треста «Строитель», состоящая вверху из бруса *3* длиной 2500...3850 мм, а внизу — из четырех уголков *2*. Верхняя часть деревянной стойки может входить в пространство между уголками *2* и тем самым менять свою высоту на величину 100...1300 мм. Внизу стойки расположен винтовой домкрат *1* (рис. 8.2, *ж*, узел *3*), позволяющий точно выдержать размеры по высоте в период ее установки и уменьшать длину при снятии опалубки после того, как бетон в балке наберет необходимую прочность. Если же применяются обычные деревянные стойки из круглого или пиленого леса, то вместо домкратов устанавливаются парные клинья.

Распорное усилие от бетонной смеси в период ее уплотнения у низа короба балки воспринимается прижимными досками *4*, а сверху — торцами кружала *7* и опалубочными щитами плиты *8*. Кроме того, на кружала передается вся вертикальная нагрузка от железобетонной плиты перекрытия. Своими концами они опираются на подкружальные доски *6*. Для восприятия вертикальной на-

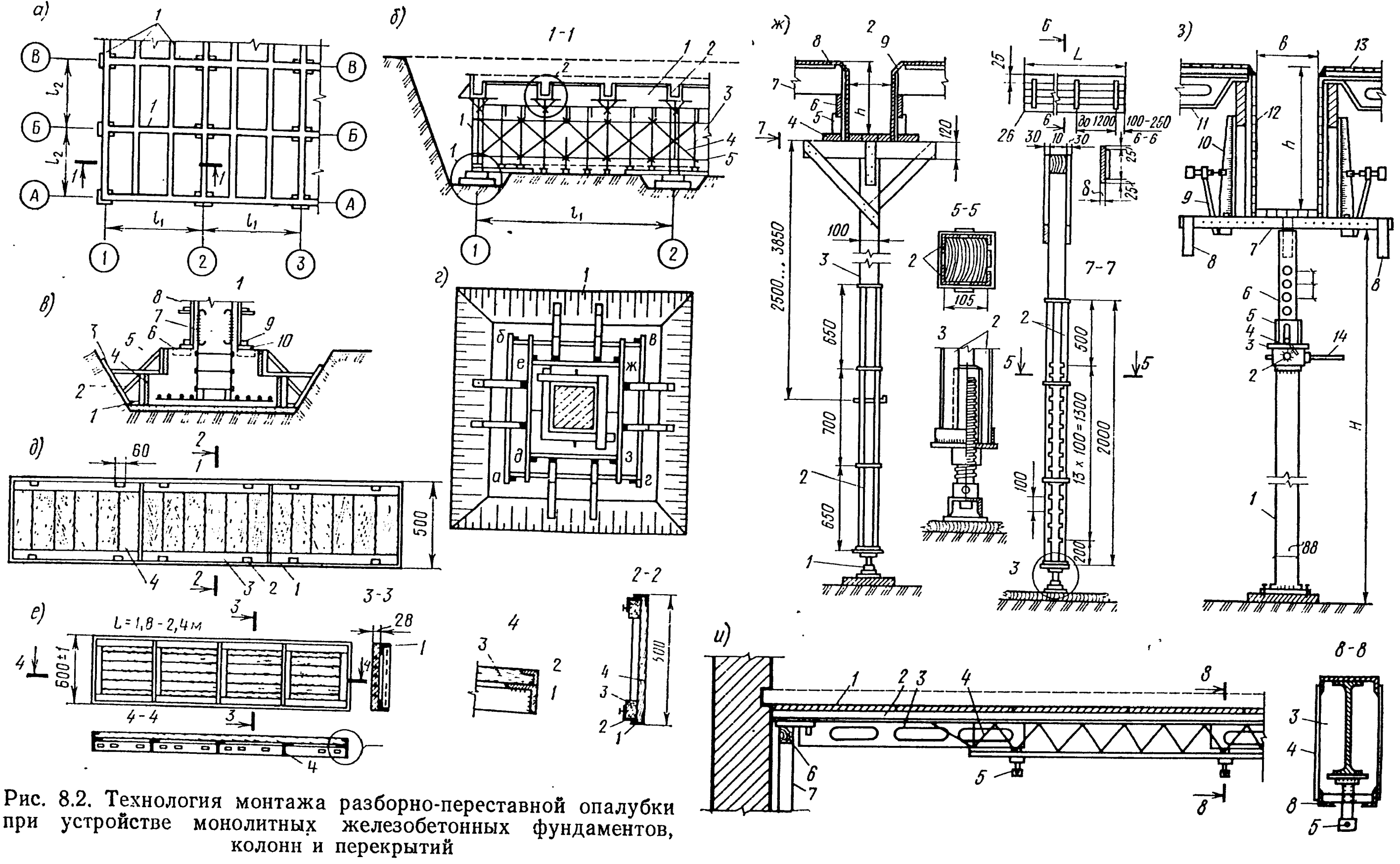


Рис. 8.2. Технология монтажа разборно-переставной опалубки при устройстве монолитных железобетонных фундаментов, колонн и перекрытий

грузки подкружальные доски в основании имеют подставки *5*. Чтобы исключить концентрацию напряжений в плите перекрытия над опорой, в верхней части короба балки укладывают под углом 45° фризовые доски *9*. При большой высоте балки ($h>450$ мм) и ширине до 400 мм распорное усилие может восприниматься дополнительными проволочными скрутками, устанавливаемыми посередине ее высоты. Если на балку не опирается плита перекрытия, то распорное усилие в верхней ее части передается на парные горизонтальные схватки, зажимающие сшивные планки, поставленные на ребро к боковым щитам короба.

Сечения всех элементов опалубки, а также расстояния между стойками, кружалами и хомутами определяют расчетом в зависимости от толщины железобетонной плиты перекрытия, сечения балок, их пролета, размера колонн, плотности бетонной смеси, способа ее подачи и уплотнения.

Металлическая стойка телескопической конструкции ЦНИИОМТП (рис. 8,2, *з*) состоит из базовой трубы *1* диаметром 88 мм, высотой 1800 мм и выдвижной штанги *6* диаметром 75 мм, длиной: 1900, 2900 и 3900 мм. Общая высота стойки *H* может быть равна 2000, 3000, 4000 и 5000 мм. К верхней части базовой трубы приварена муфта *5* с наружной резьбой. Для получения необходимой высоты стойки *H*, выдвижная штанга *6* фиксируется в муфте с помощью чеки *4*, опирающейся на кольцевую шайбу *3*. С помощью домкратного устройства *2* и рукоятки *14* штанга *6* может подниматься или опускаться на величину $\pm$ 50 мм (для получения проектной высоты стойки с точностью ± 3 мм). На штанге закрепляется балочная струбцина *7*, которая с помощью патрубков *8* соединяется с дополнительными стойками (их может быть три). Сменные кронштейны *10* с винтовыми упорами *9* позволяют устанавливать и обжимать короба железобетонных балок *12* сечением от 200×300 до 600×800 мм. Опалубочные щиты перекрытий *13* устанавливаются на раздвижной ригель *11*.

При устройстве монолитных железобетонных плит перекрытий применяют раздвижные ригели «Монолит» пролетом $L=2500...6000$ мм (с интервалом через 500 мм). Каждый из них состоит из прутковой фермы *4* (рис. 8.2, *и*) и выдвижной балки *3* (двутавр № 16...20), закрепляемой винтом *5*. Концы выдвижных балок опираются на прогоны *6*, покоящиеся на стойках *7* (деревянных или металлических телескопической конструкции). Сверху раздвижных ригелей располагаются доски *2* (100×30 мм), а на них укладываются щиты из клееной фанеры *1* ($1000 \times 800 \times 10$ мм). Стержни фермы *4* приварены вверху к швеллеру *9*, а внизу — к двум уголкам *8*.

Распор от бетонной смеси в коробах колонн (рис. 8.3, *а*) передается на металлические *1* или деревянные хомуты. Расстояние между ними h_1 определяют расчетом и обычно принимают 500... 600 мм. Хомут любой конструкции должен плотно обжимать щиты короба *3*, ибо от этого зависит точность выдерживания геометрических размеров изготавливаемой колонны. В металлическом хомуте (рис. 8.3, *б*) обжатие короба производится с помощью стального

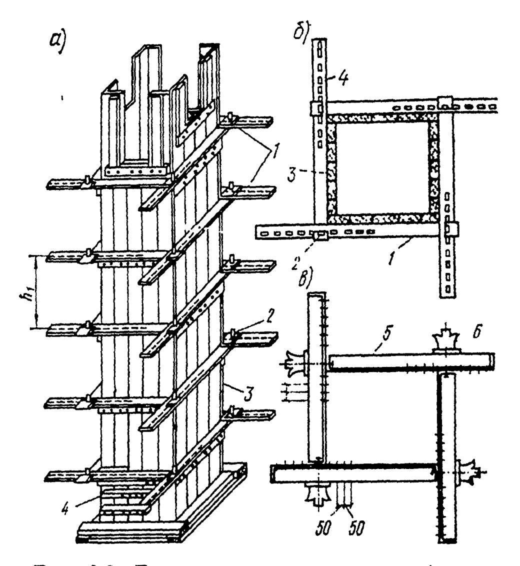


Рис. 8.3. Технология установки короба колонны с хомутами

клина *2*, забиваемого в прямоугольные отверстия (30×5 мм), сделанные в стальных пластинах *4*, а в металлическом хомуте (рис. 8.3, *в*) — с помощью штампованных элементов *5*, соединенных стяжными болтами *6*. В деревянном хомуте эту операцию выполняют путем забивки клина в зазор между планкой и бобышкой, прибитой на конце другой планки. Для облегчения снятия опалубки концы короба балки не должны заходить в вырезы короба колонн, а лишь опираться на специально прибитые бруски. При устройстве стен и массивных фундаментов целесообразно применять деревометаллические опалубочные щиты конструкции ЦНИИОМТП (см. рис. 8.2, *д*), состоящие из рамки *1*, сделанной из уголка 50×50×5 мм, зажимов *2* длиной 60 мм, прижимного бруска *3* и досок палубы *4* толщиной 25 мм. Достоинство такого щита состоит в том, что его можно изготовить из обрезков досок. Палубу *4* в щите (см. рис. 8,2, *е*, узел *4*) крепят снизу к сварной рамке *2* (сделанной из уголка 63×40×4) с помощью прижимных уголков *1*, приваренных к рамке. Доски палубы толщиной 28 мм соединяются друг с другом в шпунт. Палубой у щитов со стальным каркасом (помимо дерева) может быть водостойкая фанера, древесно-стружечные плиты и пластмассовые листы. Достоинство комбинированных (деревометаллических) щитов состоит в том, что они обладают бóльшей жесткостью и поэтому при монтаже опалубки уменьшается количество прогонов, стоек и связей. Металлическая рамка повышает прочность щита и вследствие этого срок эксплуатации увеличивается. Заготовленные элементы всех видов опалубки не должны иметь отклонения от проектных размеров больше величин, предусмотренных СНиП III-15 — 76, § 2.15, табл. 2, а при установке опалубки, поддерживающих лесов и креплений — больше величин, указанных в § 2.27, табл. 4. Расчет элементов опалубки бетонных и железобетонных конструкций на боковое давление, свежеуложенной бетонной смеси производят по этому же СНиПу (прилож. 1, табл. 1).

8.4. Металлическая разборно-переставная и объемно-переставная опалубка

Для изготовления несущих элементов металлической опалубки применяют сталь не ниже Ст 3, а элементов, не воспринимающих расчетных нагрузок,— Ст 0 или немаркированную.

Достоинства металлической опалубки: 1) большой срок службы, примерно 100-кратная (и более) оборачиваемость, в то время, как деревянная щитовая опалубка имеет 4...6-кратную, фанерная — 20-кратную и деревометаллическая — 30-кратную; 2) высокое качество поверхности и точность выдерживания размеров конструкции; 3) возможность механизации опалубочных работ, применяя для этого крупноблочную опалубку и арматурно-опалубочные блоки. Стоимость работ может быть снижена при этом на 10...15 %.

Как уже отмечалось, форма и размеры железобетонной конструкции определяют тип опалубки. При устройстве стен и фундаментных массивов целесообразно применять как отдельные металлические щиты, так и комплектовать из них укрупненные блоки. На рис. 8.4, *а* показан опалубочный щит, в котором металлический лист *4* толщиной 2 мм приварен к продольным *1* и поперечным уголкам *2* (63×40×4 мм). Ровность листу придается ребрами *3* жесткости, сделанными из уголка 45×45×4 мм. Металлические щиты такой конструкции изготовляют длиной 1000, 1200, 1500, 1600 и 1800 мм и шириной 300, 400, 500 и 600 мм. Второй тип щита (рис. 8.4, *б*) представляет собой гнутый металлический лист толщиной 2 мм, в котором жесткость в продольном направлении обеспечивается отогнутым бортом, а в поперечном — ребрами жесткости из полос сечения 76×4 мм. Ширину щитов принимают равной 600 мм, а длину — 1200, 1800, 2400 и 3000 мм. Соединяют щиты друг с другом с помощью двойного клинового замка *1* (рис. 8.4, *г*), кляммерами или пружинными скобами. Схема крепления щитов *1* к схваткам *3* с помощью крюка *2* с клиновым запором *4* показана на рис. 8.4, *ж*. Укрупненный опалубочный блок, состоящий из 2, 3, 4, 5 и 10 стальных щитов (рис. 8.4, *в*), поднимают с помощью автомобильного крана и устанавливают в проектное положение.

Для уменьшения трудозатрат опалубку ступенчатых фундаментов монтируют из блочной металлической опалубки *«блок-формы»* (рис. 8.4, *д*). Она состоит из блока нижнего уступа *1*, собранного из щитов *2*, блока подколонника *4* с опорной балкой *3* и блока гнездообразователя *5* с его опорными балками *6*. Металлическая опалубка ступенчатых фундаментов больших размеров монтируется из отдельных щитов: угловых *1* (рис. 8.4, *е*), щитов-вставок *2*, щитов подколонника с кронштейном-упором *3*, зажимом *4* и штырями *5*.

Если в строящемся однопролетном здании колонны размещаются только по наружным стенам, то монтаж блочной металлической опалубки ведут краном с расположением его на бровке котлована (рис. 8.4, *з*). При строительстве многопролетного подземного гаража или автобусного парка кран размещают в котловане (рис. 8.4,

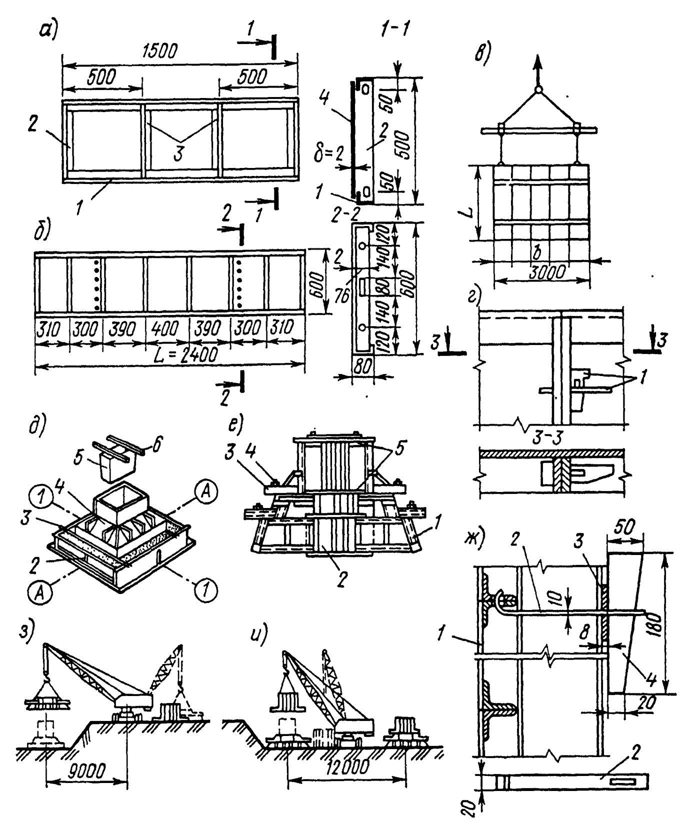


Рис. 8.4. Технология монтажа блочной металлической опалубки для устройства монолитных фундаментов и стен

и), а сборно-разборную блочную опалубку подвозят к крану автомобилями.

До установки блока в проектное положение его очищают от налипшего бетона, смазывают лицевую поверхность отработанным минеральным маслом и стропят к крюку крана четырехветвевым стропом. Крановщик подает опалубочный блок к месту его установки, где происходит совмещение рисок на щите блока с рисками *А — А* и *1 — 1* (рис. 8.4, *д*), нанесенными на бетонной подготовке. Точно так же устанавливают верхний блок подколонника, кронштейны-упоры которого прикрепляют специальными зажимами к обрамляющему швеллеру нижнего блока. Из унифицированных взаимозаменяемых элементов «Монолит-76» и «Тяжстрой-78» можно собирать блочно-переставную опалубку для возведения любых конструкций: фундаментов, колонн, балок, плит перекрытий, стен, перегородок и т. д.

В зарубежной практике применяют укрупненные блоки, состоящие из элементов гнутого профиля (металлического листа толщи-

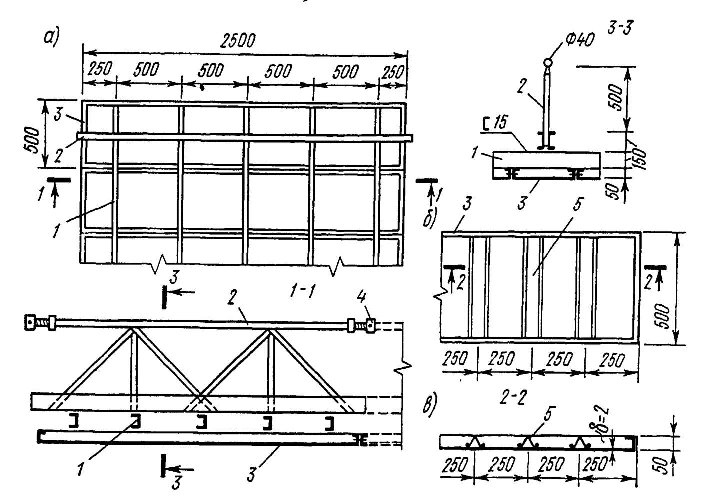


Рис. 8.5. Монтаж укрупненных блоков из отдельных металлических щитов

ной 2 мм). На рис. 8.5, *а* показан план укрупненного блока размером 4000×2500 мм, скомпонованного из восьми опалубочных щитов (ЧССР). Распор от уложенного бетона в массивных конструкциях воспринимают щиты *3*, продольные балки *1* и трубчатая ферма *2*. После установки такого блока в проектное положение опалубочные щиты соединяются со смежными щитами клиньями или болтами, а фермы — с помощью приспособлений *4*. Жесткость опалубочному щиту *3* придается гнутыми ребрами *5* (рис. 8.5, *б*, *в*), приваренными к листу через 250 мм.

В ГДР, Венгрии и других странах возводят гражданские здания из монолитного бетона с применением **секционно-переставной металлической опалубки.** Особенность такой секции (рис. 8.6, *а*) состоит в том, что комнаты со стороны продольных фасадов открыты, т. е. нет бетонных стен по осям *А* и *В*. Из этих проемов, равных ширине комнаты, на балконы извлекаются блоки стальной опалубки (после твердения бетона) и переставляются краном на следующий этаж. В конструктивном отношении опалубка состоит из Г-образных стальных щитов, высота которых равна высоте комнаты плюс толщина конструкции пола с основанием. Длину щита в плане l_3 (рис. 8.6, *б*) принимают 1,5...2 м с учетом длины комнаты. Ширина блока равна половине ширины комнаты. В поперечном сечении два Г-образных блока, соединенных вместе в замке (посередине потолка), образуют внутренний контур комнаты. В блоке палубой стен и перекрытия является стальной лист *2* (рис. 8.6, *в*) толщиной 2... 3 мм. Чтобы исключить прогиб листа, к нему приваривают штампованные ребра жесткости *3* (рис. 8.6, *в*, *е*). При бетонировании стен распор в нижней части щита воспринимается балкой *9* (рис. 8.6, *г*), а в середине щита — горизонтальным поясом *1*. В этом же месте ус-

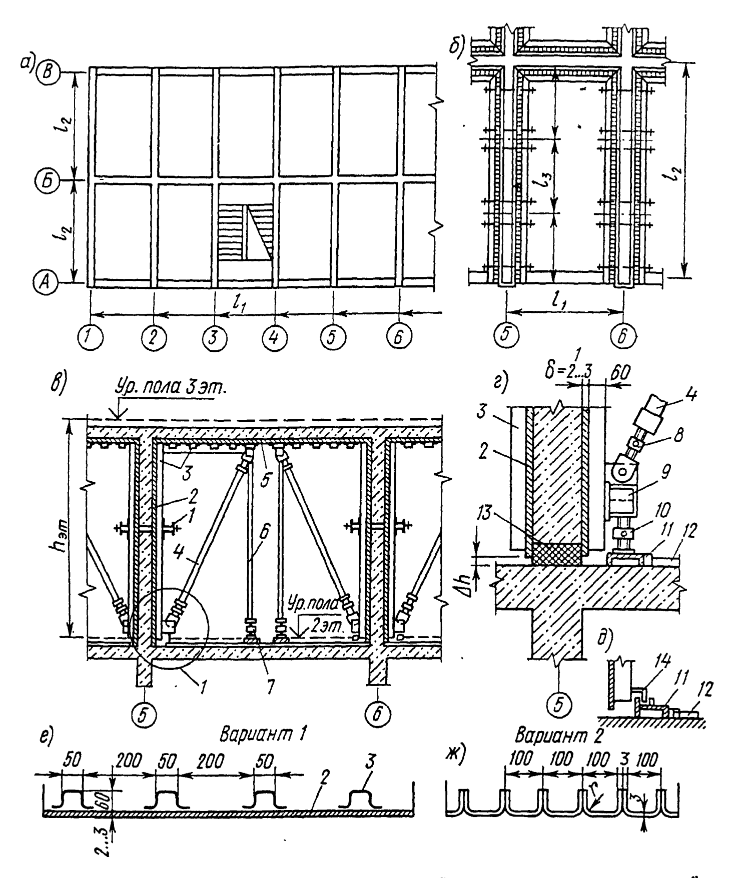


Рис. 8.6. Технология монтажа стальной секционно-переставной опалубки для возведения жилого дома из монолитного бетона

танавливают пластмассовые трубки, обеспечивающие необходимую толщину стены и свободное извлечение стяжных болтов после твердения бетона. Пространственная жесткость Г-образного блока обеспечивается трубчатым подкосом *4* с винтом *8*, опирающимся внизу на балку *9*, а вверху — на обрамляющий (замковый) уголок *5*. Каждый блок опалубки внизу имеет два винтовых домкрата *10*, предназначенных как для его установки в горизонтальной плоскости, так и для снятия после твердения бетона.

До установки опалубочных блоков производят геодезическую разбивку продольных и поперечных осей, относительно которых устанавливают направляющие швеллеры *11*. Их неизменное положение обеспечивают схватками *12*. На направляющем швеллере имеются фиксаторы *14* (рис. 8.6, *д*), обеспечивающие проектное положение опалубочному блоку. Выверку и окончательную установку блока в вертикальной плоскости производят монтажной стойкой *6* с винтовым домкратом *7*.

По окончании укладки бетона каждую комнату с фасадной стороны закрывают утепленным щитом и внутрь ее калорифером подают теплый воздух с температурой 50...60 °С. Время тепловой обработки бетона — 12...16 ч летом и 24 ч зимой. Через 12...16 ч опалубочные блоки снимают и на специальной тележке выкатывают на балкон, а оттуда краном подают на следующий этаж. Снятие блоков производят с помощью винтовых домкратов. Для этого предварительно удаляют стяжные болты и монтажные стойки. Поворачивая винтовые домкраты против часовой стрелки, блоки легко опускают вниз на величину Δh. Этому не препятствуют ни фиксаторы, допускающие перемещение блока вверх и вниз, ни внизу расположенные железобетонные прокладыши *13*. Зарубежные специалисты утверждают, что этим способом можно строить дома башенного типа в темпе этаж за 1...2 дн.

Для устройства декоративных потолков и стен из монолитного бетона применяют ячеистые опалубочные щиты (рис. 8.6, *ж*). Они сделаны из металлических отдельных штампованных ячеек шириной 100 мм, соединенных друг с другом сваркой. Ребра ячеек придают щиту необходимую жесткость. После снятия такого щита на поверхности потолка или стены остаются продольные выступающие полосы, имеющие декоративное значение.

Объемно-переставную опалубку применяют за рубежом при строительстве различных зданий. После устройства внутренних несущих перегородок *1* (рис. 8.7, *б*) устанавливают укрупнительный блок размером на комнату для возведения междуэтажного перекрытия *9* (рис. 8.7, *а*, *в*). Опалубочный блок потолка (ФРГ) состоит из металлических стоек *2* с муфтами *3*, с помощью которых определяется необходимая высота стойки в пределах 100 мм. Муфта *4* имеет внутреннюю нарезку. При ее повороте верхняя часть стойки *5* ввинчивается в муфту или выходит из нее, благодаря чему устанавливается проектная высота стойки с точностью до ±3 мм. Поперечная жесткость блоку придается подкосами *6*. Сверху стоек расположены парные продольные прогоны *7* (рис. 8.7, *г*), к которым прикреплены болтами поперечные балки *8* через 500 мм друг от друга. Щиты из клееной фанеры *10* (Финляндия) укладываются на балки *8* и прикрепляются к ним болтами *11* с потайной головкой.

При строительстве гостиницы «Космос» в Москве французская фирма «Сефри» для устройства монолитного перекрытия применила инвентарные поддерживающие фермы *5* (рис. 8.7, *д*), состоящие из отдельных звеньев шириной 1000 мм, высотой 500 мм. Фермы покоились на стойках, опирающихся на прокладки *1*. Нижнее звено стойки имело домкратное устройство *2* и *3*, с помощью которого окончательно устанавливалась ферма *4* на проектной отметке. Поверху ферм располагались прогоны *5*, а на них укладывались щиты из клееной фанеры *6*. Когда бетон в перекрытии набирал необходимую прочность, опалубочный блок опускался винтовыми домкратами на 50...100 мм и с помощью специальной траверсы («утиный нос») извлекался краном из комнаты и переставлялся на следующий этаж.

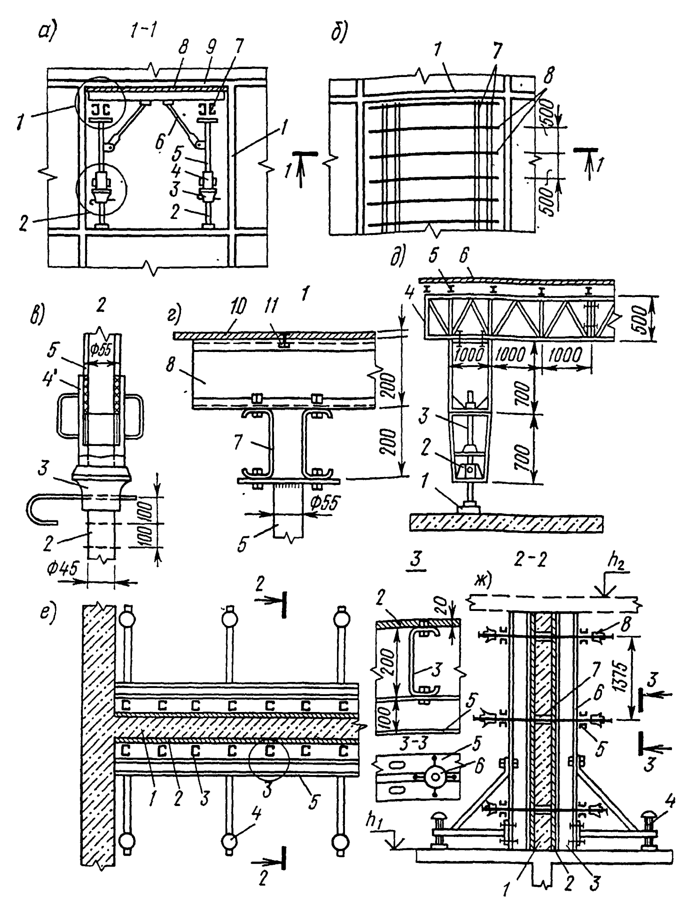


Рис. 8.7. Технология монтажа объемно-переставной опалубки для возведения зданий из монолитного железобетона

Устройство железобетонных стен и перегородок *1* (рис. 8.7, *е*, *ж*) производится с применением инвентарных щитов из клееной фанеры *2*, прикрепленных к стойкам из гнутых профилей *3*. Винтовыми домкратами *4* обеспечивают вертикальность стеновым щитам и отрыв их от забетонированных конструкций. Распор от укладываемой бетонной смеси воспринимают стяжные болты *6* и продольные прогоны *5*. Заданная толщина перегородок фиксируется пластмассовой трубкой *7*, а после твердения бетона обеспечивается свободное извлечение стяжного болта *6*.

Существуют различные способы строительства зданий из монолитного железобетона с применением ранее рассмотренной объемно-переставной, секционно-переставной опалубки, когда комната возводится из трех стен с потолком одновременно, а также объемно-переставной опалубки, когда комната возводится только из од-

них стен (без потолка). В последнем способе по окончании твердения бетона опалубочные щиты механически отодвигаются от стен, блок-форма извлекается из секции башенным краном и переставляется на следующую позицию или на следующий этаж. Междуэтажное перекрытие устраивается из сборных панелей размером на комнату, а в некоторых вариантах — монолитное с проемом для удаления элементов объемно-переставной опалубки.

8.5. Скользящая (подвижная) опалубка

Многоэтажные жилые дома, гостиницы, элеваторы, силосы и другие сооружения большой высоты строить из монолитного железобетона с применением громоздких поддерживающих лесов неэкономично, да и нет в них необходимости. В таких зданиях и сооружениях опорой для опалубки служат металлические стержни, расположенные в стенах. Опалубка небольшой высоты (1200 мм), расположенная по обеим сторонам возводимой стены, непрерывно поднимается (скользит) по ней по мере укладки и твердения бетона. Такой способ бетонирования позволяет значительно сократить расход материала на устройство сплошной опалубки, поддерживающих лесов и соответственно трудовые затраты.

Основными элементами скользящей опалубки являются домкратная рама *1* (рис. 8. 8, *а*), гидравлический домкрат *10*, домкратный стержень *7*, металлическая опалубка *6*. Домкратная рама, воспринимающая вертикальные и горизонтальные усилия, должна быть достаточно прочной и жесткой, чтобы обеспечить неизменяемость геометрических размеров возводимой конструкции. Устраивается она пустотелой из прокатных элементов или стальных листов на сварке. К ригелю рамы болтами крепится домкрат. Для уменьшения силы трения бетона о стенки скользящей опалубки последним придается «конусность», т. е. уширение книзу (рис. 8.8, *б*) на 8...12 мм. Уклон опалубочным щитам придается винтами *9* с фиксаторами *8*. Расстояние между опалубочными щитами в зависимости от толщины возводимой стены изменяется винтами *2*. С помощью системы нижнего (эластичного) *5* и верхнего (жесткого) крепления *4* опалубочные щиты прикрепляются к раме. Домкратная рама опирается на стальные стержни (d=25... 28 мм) или трубы *7*, заделываемые в стене. Чтобы исключить совпадение стыков стержней на одном уровне в первом ярусе, их устанавливают разной длины,

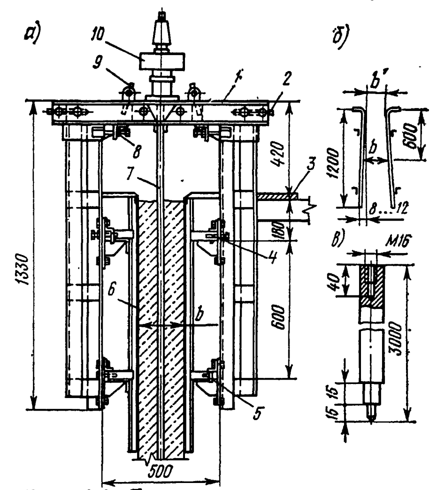


Рис. 8.8. Технология возведения здания в скользящей опалубке

трех типоразмеров: l, $^2/_3 l$, $^1/_3 l$. В последующих ярусах стержни принимают одинаковой длины. Стыкуются они с помощью резьбовых соединений (рис. 8.8, *в*).

Так как домкратные стержни в расчете конструкции на прочность не учитываются (а расход металла составляет 10...20 кг на 1 м^3 бетона, если оставлять их в стене), то по окончании бетонирования их извлекают приспособлением РП-60. В этом случае необходимо исключить жесткую заделку стержня в бетоне. Для этого к домкратной раме прикрепляют защитную трубку (каналообразователь) с наружным диаметром 32 мм и длиной 1450 мм, через которую в зоне незатвердевшего бетона проходит домкратный стержень.

К месту укладки бетонную смесь можно подавать башенным, автомобильным краном или бетононасосом, что зависит от назначения здания, его высоты и объема потребляемого бетона в смену. С рабочего настила *3*, снабженного регулятором горизонтальности пола (РП-67), производят укладку бетонной смеси, установку арматуры, оконных блоков и различных закладных элементов для образования штраб, борозд, отверстий, необходимых для выполнения последующих сантехнических и электромонтажных работ.

Для подъема скользящей опалубки можно применять гидравлическую, электрическую и пневматическую системы. Наибольшее распространение нашли гидравлические домкраты, которые надежны в работе и экономичны в эксплуатации. Одноцилиндровый гидравлический домкрат непрерывного действия имеет нижнюю и верхнюю опоры. Попеременно опираясь на них, он как бы «шагает» по домкратному стержню, совершая подъем скользящей опалубки за время одного цикла на 25...50 мм. В дальнейшем цикл работы домкрата автоматически повторяется и скользящая опалубка по заданной программе непрерывно поднимается.

Скорость подъема скользящей опалубки назначают с учетом скорости твердения бетона и уменьшения его сцепления с опалубкой. При возведении конструкций в скользящей опалубке необходимо применять бетонные смеси на цементах с началом схватывания не ранее 3 ч и концом схватывания не позднее 6 ч, а также бетонные смеси, приготовленные на пластифицированном или обычном цементе с добавкой концентрата сульфитно-дрожжевой барды. Для приготовления тяжелого бетона применяют портландцемент не менее М400. Нельзя изготовлять в скользящей опалубке конструкции из бетона, приготовленного на пуццолановом портландцементе, шлакопортландцементе и магнезиальном портладцементе. Водоцементное отношение бетонов должно быть 0,5...0,55. Крупность заполнителя — не более $^1/_6$ наименьшего размера поперечного сечения изготовляемой конструкции, а в густоармированных конструкциях — не более 20 мм.

В начальный период отрыв скользящей опалубки производят лишь после заполнения форм на высоту 600...700 мм по всему периметру здания или секции в течение 3...3,5 ч. Каждый последующий слой бетона толщиной 250 мм укладывают в опалубку до начала

схватывания предыдущего слоя. Подъем опалубки осуществляют со скоростью 300...600 мм/ч. При бетонировании тонкостенных конструкций скорость подъема опалубки (темп бетонирования) практически принимают 1,3...1,5 м в смену, а массивных — 2,5...3 м. Прочность бетона, выходящего из опалубки, должна быть не менее 0,2 МПа.

Минимальную толщину возводимой стены определяют из условия, при котором в момент подъема опалубки не происходит отрыв свежеуложенной бетонной смеси от ранее уложенного бетона. Это требование сохраняется, когда масса уложенного бетона P больше сил трения T, возникающих между стенками опалубки и бетоном, т. е. $P \geqslant T$.

Рассмотрим значения этих величин на длине стены 1 м при высоте уложенного слоя h, толщине стены b и плотности тяжелого бетона $\rho = 2400$ кг/м^3:

$$P = hb\rho.$$

Силу трения бетона о стенки опалубки принимают в среднем 150 кг/м^2, тогда

$$T = 150 \cdot 2h \text{ или } hb\rho \geqslant 150 \cdot 2h,$$

$$\text{откуда } b \geqslant 300h/(2400h) \geqslant 0{,}12 \text{ м.}$$

Для преодоления сил трения бетона о стенки опалубки толщина стены должна быть как минимум 120 мм. Чтобы уменьшить силу трения, поверхность опалубки делают гладкой и чистой. Этим требованиям лучше всего удовлетворяет опалубка с применением стеклопластика. Сила трения также зависит от пластичности, состава бетонной смеси, температуры наружного воздуха и скорости подъема опалубки.

Расстояние между домкратными рамами l определяют из условия, чтобы нагрузка, приходящаяся на опорный стержень, была бы меньше его несущей способности, т. е.

$$N \leqslant l(q + 2f + 2z) \leqslant m\varphi RF,$$

$$l \leqslant m\varphi RF/(q + 2f + 2z),$$

где q — нагрузка от опалубки, Н/м; f — сила трения бетона о стенки опалубки, Н/м; Z — нагрузка от подмостей, Н/м; m — коэффициент условий работы; R — расчетная прочность стали на сжатие, МПа; φ — коэффициент продольного изгиба стержня; F — площадь поперечного сечения стержня, см^2.

В процессе подъема опалубки необходимо обеспечить равномерную нагрузку на все домкратные стержни, в противном случае в перегруженных стержнях появится продольный изгиб, что приведет к перекосу возводимого здания и расстройству всей системы опалубки. Согласно СНиП III-15—76, отклонение от вертикали возводимых зданий и сооружений не должно превышать 1/500 их высоты и не более 100 мм на всю высоту сооружения.

Домкратные рамы вдоль стен гражданских зданий устанавливают с учетом расположения оконных и дверных проемов (их не

должны пересекать домкратные стержни), но не более 2 м от друга.

Для образования проемов устанавливают временные коробки или постоянные оконные блоки. Чтобы в период бетонирования не повредить постоянные оконные или дверные блоки, устанавливают временные коробки из досок толщиной 50 мм либо обрамления из готовых бетонных деталей, ширина которых должна быть меньше толщины стены на 2 см. С внешней стороны временных коробок прикрепляют антисептированные бобышки (по две на каждую вертикальную доску) или бруски сечением 35×75 мм. По окончании твердения бетона временные коробки снимают, а бобышки оставляют в бетоне для крепления к ним оконных и дверных коробок. Вместо деревянных бобышек в бетон заделывают небольшие металлические пластинки (с анкерами), к которым крепят шурупами дверную коробку с помощью специального зажима.

В 1967 г. в г. Сочи 15-этажный санаторный корпус был возведен в скользящей опалубке за 15 сут, а на устройство сборно-монолитных перекрытий потребовалось около 130 сут, т. е. этаж за 8...9 сут. В зарубежной практике перекрытия возводят раздельно, т. е. сначала устраивают стены, а затем перекрытие из монолитного бетона или из сборных железобетонных плит, или в сборно-монолитном варианте. При любом из этих способов в стенах для опирания плит перекрытий необходимо делать борозды. Для образования пазов во внутренние стены закладывают картонные короба, заполненные песком, а в наружные стены — доски сечением 31×50 мм, смазанные отработанным маслом. К этим доскам прикрепляют арматурные стержни, согнутые под углом 90°. Один конец стержня заделывают в стены, а второй располагают горизонтально вдоль доски. После твердения бетона доску удаляют, а горизонтальные стержни отгибают перпендикулярно стене и используют для хорошего соединения монолитной плиты перекрытия со стеной.

В ГДР при строительстве многоэтажных домов, гаражей и других сооружений используют скользящую опалубку, отличающуюся тем, что удлиненные домкратные рамы опираются не на один стержень, заделываемый в стене, а на два, расположенные с боков стены.

При строительстве 18-этажного экспериментального жилого дома в г. Туле впервые был применен параллельно-последовательный способ, при котором наряду с возведением стен в скользящей опалубке устраивали монолитные железобетонные перекрытия. Для этого опалубку перекрытия монтировали из инвентарных деревянных щитов, уложенных на прутковые металлические прогоны (рис. 8.9), которые, в свою очередь, подвешивали к домкратным рамам. Когда опалубка перекрытия достигает своего проектного уровня, под нее подводят инвентарные деревянные стойки. Поточность в возведении монолитных перекрытий обеспечивалась наличием трех комплектов элементов опалубки: на одном из них укладывали и выдерживали бетон; второй комплект снимали с ранее забетонированного перекрытия (этажом ниже), ремонтировали и подготовляли к повторному использованию; третий — монтировали на подвесных

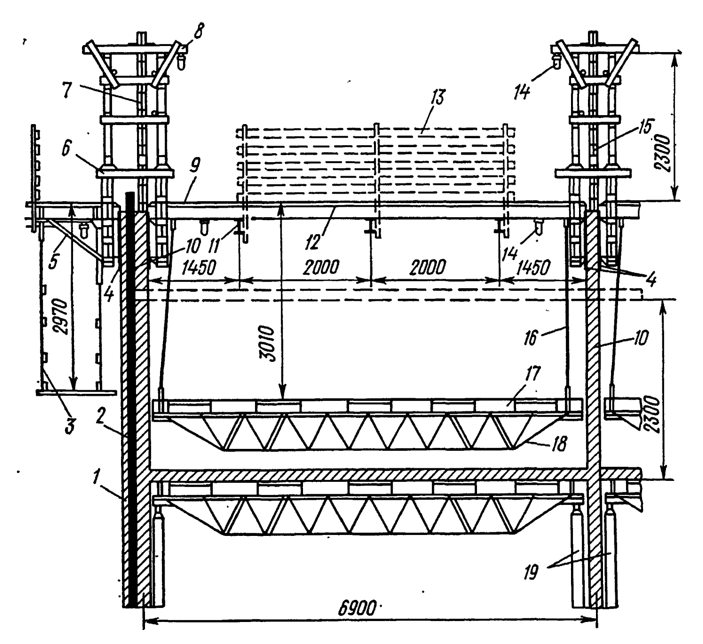


Рис. 8.9. Технология возведения дома в скользящей опалубке из монолитного железобетона:

1 — наружная трехслойная стена; *2* — утеплитель; *3* — наружные подвесные подмости; *4* — щиты опалубки стен; *5* — кронштейн наружного козырька; *6* — домкратная рама; *7* — арматурный каркас; *8* — деревянная надстройка к домкратной раме; *9* — настил рабочего пола; *10* — внутренняя однослойная стена; *11* — металлические прогоны рабочего пола; *12* — съемные щиты рабочего пола; *13* — съемное ограждение проема в рабочем полу; *14* — светильник; *15* — домкратный стержень; *16* — внутренняя подвеска; *17* — щиты опалубки перекрытия; *18* — подвесной прутковый прогон опалубки перекрытия; *19* — стойки опалубки перекрытия

прутковых прогонах. Практика показала, что деревянные опалубочные щиты перекрытия могут быть использованы 15...20 раз. На возведение стен в скользящей опалубке и монолитных перекрытий 18-этажного жилого дома потребовалось 47 дн при трехсменной работе.

8.6. Горизонтально перемещаемая (катучая) опалубка

При строительстве линейных сооружений постоянного сечения (подземных коллекторов, пешеходных переходов, туннелей), а также гаражей, троллейбусных и автобусных парков с покрытиями в виде цилиндрических оболочек или сводов двоякой положительной кривизны целесообразно применять горизонтально перемещаемую (катучую) опалубку. Использовать разборно-переставную опалубку в этих случаях нецелесообразно, так как слишком много времени уходит на установку и разборку всех ее элементов на каждом участке. Опалубку линейных сооружений собирают в один укрупненный блок длиной 12...18 м. По окончании укладки и твердения

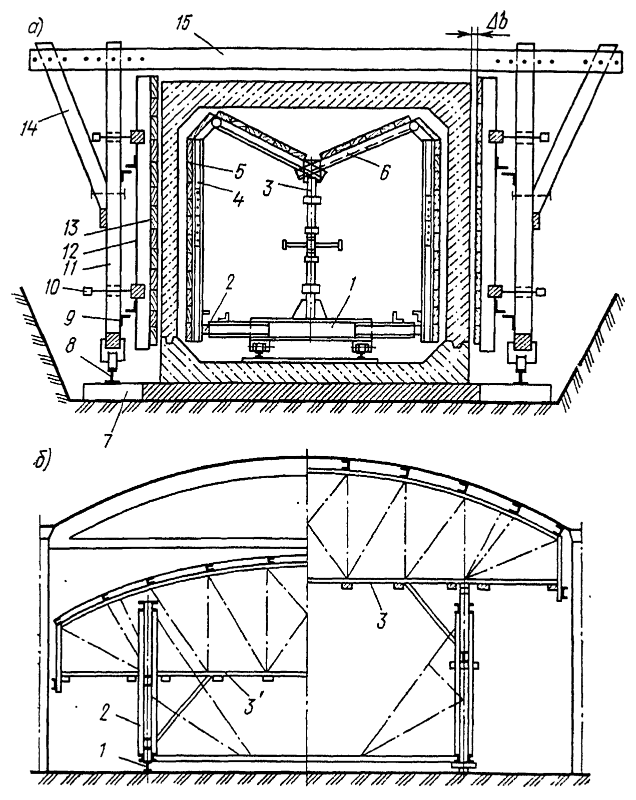


Рис. 8.10. Технология возведения подземного коллектора в катучей опалубке из монолитного железобетона

бетона до требуемой прочности опалубку (без разборки) перекатывают на вторую позицию и т. д.

Основными элементами катучей опалубки, например подземного коллектора (рис. 8.10, *а*), являются внутренняя и наружная опалубка. Внутренняя состоит из металлической рамы *1* с выдвижным ригелем *2*, стоек *3* с винтовыми домкратами, стоек *4* с внутренней палубой *5* и верхних съемных ригелей *6*, шарнирно соединенных со стойками. Наружная опалубка имеет жесткую раму с винтовыми домкратами *10*, опорные уголки *9*, рельсы *8* на деревянных шпалах *7*. Рама состоит из стоек *11* с прогонами верхнего ригеля *15* и подкосами *14*. Ригель и подкос обеспечивают возможность устройства коллекторов различной ширины.

После укладки и выдержки бетона внутренняя и внешняя опалубки отодвигаются от стен и перекрытия коллектора. С помощью стоек *3* и их винтовых домкратов снимается опалубка плиты покрытия, а вместе с этим отодвигается внутренняя опалубка и от верхней части стен. Внизу опалубка отодвигается от стен с помощью ригелей *2* и винтовых домкратов. Наружная опалубка снимается винто-

выми домкратами *10*, прикрепленными к стойкам рамы. При вращении этих домкратов прогоны вместе со стойками *12* и палубой *13* отодвигаются от стен на величину $\Delta b = 30...40$ мм, после чего наружная рама по рельсам перекатывается на новую позицию.

Для бетонирования цилиндрических сводов покрытий применяют катучую опалубку, изображенную на рис. 8. 10, *б*. Вдоль здания перемещаются двухосные тележки *1* с металлическими рамами *2*. Сверху рам размещают спаренные решетчатые фермы *3* с опалубкой *4*, имеющей очертание свода. По окончании укладки и твердения бетона до необходимой прочности (что предусматривается проектом работ) спаренные фермы с опалубкой опускают домкратами из положения *3* в *3'*, после чего их перекатывают на новую позицию.

8.7. Другие разновидности опалубки

Железобетонные и армоцементные плиты-оболочки применяют при строительстве опор мостов, фундаментов, стен и других массивных сооружений. В этом случае отпадает необходимость в установке деревянной или металлической опалубки. Плиты оболочки *1* (рис. 8.11, *а*, *б*) устанавливают по контуру возводимой конструкции и прикрепляют ее к рабочей арматуре *2*. Для лучшего соединения с бетонным массивом плиты-оболочки имеют арматурные каркасы в виде фермочек *3*, а тыльную сторону плит делают шероховатой, что достигается посыпкой мелкого щебня на свежеуложенный бетон. Арматурные каркасы выступают из плоскости плиты на 60...80 мм и в период монтажа привариваются к рабочей арматуре *2*. Количество каркасов зависит от размера плиты и воспринимаемого распора бетона. Устанавливают каркасы в плите в продольном *3* и поперечном направлениях через 800...1000 мм. Размеры плит-оболочек принимают соответственно с размерами возводимой конструкции: длиной 2...5 м, шириной 1...2,5 м при толщине 6...8 см. Чтобы защитить кромки плит-оболочек от разрушения при транспортировке и монтаже, по их периметру закрепляют деревянные рейки, которые

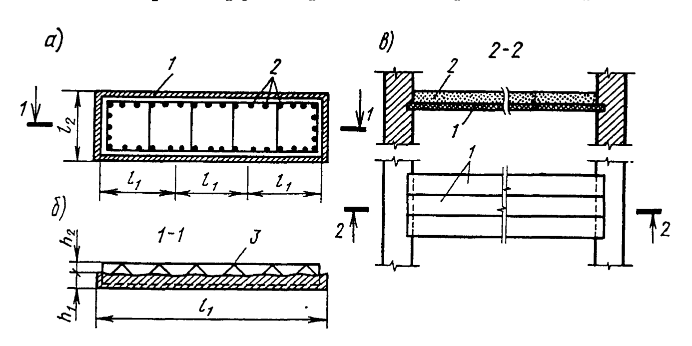


Рис. 8.11. Опалубка из железобетонных и армоцементных плит

затем удаляют, а шов заполняют цементным раствором. Достоинство плит-оболочек: их изготовляют индустриальным способом на заводах железобетонных изделий; представляется возможность повысить прочность, водонепроницаемость и морозостойкость возводимой конструкции; достигается экономия высокопрочного бетона, из которого изготовляют только оболочку опоры моста, плотины и других сооружений, а внутреннюю их часть заполняют бетоном меньшей прочности.

Железобетонные плиты с напряженной арматурой можно использовать для устройства междуэтажных перекрытий и балок. В первом случае на стены или прогоны укладывают напряженно-армированные плиты *1* (рис. 8.11, *в*), а сверху них слой легкого бетона *2* до проектной толщины перекрытия. При устройстве балок предварительно напряженные плиты являются днищем короба балки, а боковыми стенками — армоцементные плиты, на которые укладывают предварительно напряженные плиты перекрытия. Жесткость короба балки обеспечивается сваркой закладных элементов, расположенных через 1...1,5 м как в напряженно-армированных, так и в армоцементных плитах.

Подвесную опалубку используют в тех случаях, когда перекрытие устраивают в сборно-монолитном варианте с применением сборных железобетонных балок и монолитной плиты, а также при наличии жесткой арматуры или пространственных арматурных каркасов, воспринимающих массу опалубки, бетона и рабочих с инструментом. На рис. 8.12, *а* показана подвесная опалубка плиты перекрытия, опирающаяся на прямоугольные железобетонные балки. Сверху балок через 2..3 м устанавливают хомуты *1* с подвеской из болтов *5* и гаек *6*. Болты проходят сквозь опорные брусья *7*, а на них с помощью бобышек *4* опираются подкружальные брусья *3*. Своими концами кружальные доски *8* опираются на подкружальные брусья. Сверху кружальных досок уложены щиты опалубки плиты перекрытия. Когда бетон наберет необходимую прочность, снятие опалубки плиты производят в обратном порядке. Для уменьшения расхода металла подвески с болтами снимают с помощью серьги *2*.

В перекрытии с железобетонными балками таврового сечения (рис. 8.12, *б*) опалубка опирается на выступы балки *2*. На них уложены брусья *1*, которые являются опорой для покружальных *3* и кружальных досок *4* с палубой плиты *5*. Подкружальные доски опираются на брус с помощью парных клиньев.

При наличии жесткой арматуры *1* (рис. 8.12, *в*) к ней крепят опалубку балки. Продольные брусья *7* с помощью болтов подвешиваются к верхним поперечным брусьям *2*. На нижние опорные брусья *5* укладывают короб балки *3*. Распор от бетонной смеси воспринимается прижимной доской *5* и планками *4*, прибитыми к палубе короба через 600...800 мм.

На рис. 8.12, *г* показана подвесная опалубка, прикрепляемая к несущему арматурному каркасу *1*.

Достоинство подвесной опалубки — экономия лесоматериалов

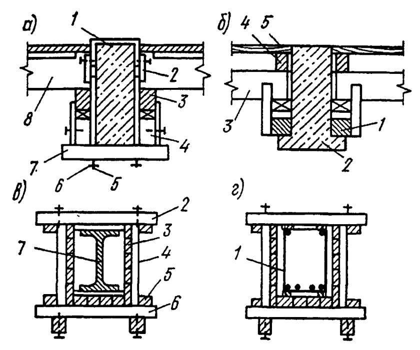


Рис. 8.12. Подвесная опалубка

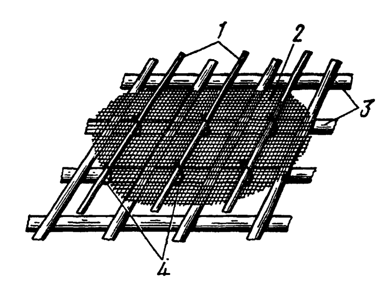


Рис. 8.13. Сетчатая опалубка

(не требуются поддерживающие леса). Недостаток — перерасход металла (на хомуты и скрутки).

При металлической опалубке (рис. 8.13) металлическую сетку *2* с ячейками 5×5 мм прикрепляют к рабочей арматуре *3* жесткого каркаса вязальной проволокой. Для уменьшения прогиба сетки сверху нее укладывают катанку *1*, которую привязывают к рабочей арматуре. В местах соединения одна сетка находит на другую на 10...15 см, а сверху стены ее закрепляют доской толщиной 40 мм. Для повышения жесткости арматурного каркаса его наружную и внутренюю сетки стягивают скрутками *4*. Недостатки металлосетчатой опалубки: излишний расход металла (на сетки и катанку); невозможно получить ровную поверхность стены; для обеспечения защитного слоя как монтажной арматуре, так и сетке необходимо наружную поверхность стены оштукатуривать; нельзя применять пластичный бетон, так как при его уплотнении через сетку выливается цементное молоко. Для устранения последнего недостатка металлическую сетку необходимо предварительно оштукатурить или просто обмазать цементным раствором. Учитывая вышеизложенные недостатки, металлосетчатую опалубку можно применять только в сооружениях III...IV классов.

Надувные оболочки из воздухонепроницаемой ткани применяют как своеобразную опалубку при строительстве куполов, цилиндрических сводов-оболочек коллекторов и труб. При нагнетании воздуха во внутреннюю полость такой оболочки последняя принимает очертание возводимой конструкции.

Тканевую оболочку иногда используют для устройства сводов-покрытий складских помещений. Устраивают ее из прочной (но с редкими нитями) джутовой ткани, которая хорошо натягивается по кружалам. Сначала наносят снизу на натянутую ткань первый слой раствора, который после его твердения образует жесткую армированную тканью скорлупу. Сверху на нее укладывают послойно бетон до проектных размеров покрытия.

8.8. Охрана труда при производстве опалубочных работ

Монтируемые с помощью кранов крупнопанельные элементы опалубки, короба колонн, балок, прогонов, ригелей, а также укрупненные элементы поддерживающих лесов должны быть конструктивно жесткими и прочными. Если опалубку устанавливают в несколько ярусов, то каждый последующий ярус монтируют только после окончания работ на предыдущем ярусе. Стойки поддерживающих лесов устанавливают на прочное основание, исключающее неравномерную осадку опалубки в период укладки и уплотнения бетонной смеси.

Для установки щитовой опалубки, балок, прогонов и ригелей на высоте до 5,5 м над уровнем земли или нижележащего перекрытия разрешается использовать передвижные лестницы-стремянки с огражденными наверху рабочими площадками, а при высоте до 8 м — передвижные подмости. При высоте более 8 м монтаж опалубки необходимо вести с рабочих настилов шириной не менее 0,7 м, уложенных на поддерживающие леса. По периметру устраиваемой опалубки перекрытия устанавливают ограждение.

Монтировать подвесную опалубку или самонесущие опалубочные блоки на высоте более 8 м должны рабочие-верхолазы с предохранительными поясами, надежно закрепленными к опорам.

Разборно-переставную опалубку железобетонных стен устанавливают с настилов, сделанных с обеих сторон стены через каждые 1,8 м по ее высоте.

Передвижку катучей опалубки и ее лесов производят с обязательным принятием мер, обеспечивающих ее устойчивость и безопасность для работы.

Все элементы скользящей опалубки (домкраты, зажимные устройства домкратов, стержни, рамы, рабочий настил) должны быть в исправном состоянии, что проверяется ежедневно перед бетонированием производителем работ или мастером. Если обнаружены какие-либо дефекты, то они должны быть устранены до начала укладки бетонной смеси. Нельзя на рабочем полу скользящей опалубки размещать сверхнормативные нагрузки(запасы арматуры, бетона, а также допускать скопление рабочих). Домкратные стержни должно наращивать звено в составе не менее двух человек. Во избежание падения домкратных стержней (во время наращивания) их необходимо прикреплять к надежным опорам. По наружному периметру скользящей опалубки над подвесными лесами должны быть сделаны козырьки шириной не менее ширины подвесных лесов. Настил рабочего пола и подвесных лесов необходимо систематически очищать от остатков бетона и мусора. Отверстия в рабочем полу скользящей опалубки, а также в железобетонных перекрытиях должны быть ограждены или закрыты щитами. Разборку скользящей опалубки необходимо производить в соответствии с проектом и под наблюдением производителя работ или мастера. До начала разборки опалубки проверяют прочность бетона и величину нагрузки, приходящейся на конструкцию.

Нельзя складывать на рабочем полу или подвесных подмостях разбираемые элементы опалубки, а также сбрасывать их с сооружения. По мере разборки ее элементы должны опускаться на землю, сортироваться, складываться в штабеля. Сборку и разборку скользящей опалубки имеют право выполнять лишь рабочие, прошедшие медицинское освидетельствование для работы на высоте и специальную техническую подготовку, а также прошедшие специальный инструктаж. Во время разборки опалубки запрещается присутствие посторонних лиц в опасной зоне.

8.Б. АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ

8.9. Классификация арматуры

Для изготовления обычных и предварительно напряженных железобетонных конструкций применяют арматурную сталь.

По технологии изготовления различают стержневую арматурную сталь, получаемую путем горячей прокатки, и проволочную, получаемую в результате волочения стали в холодном состоянии. Стержневую арматуру, в свою очередь, делят: на горячекатаную, не подвергающуюся упрочнению после проката; упрочненную вытяжкой в холодном состоянии после проката; термически упрочненную. В зависимости от механических свойств арматуру делят на пять классов: А-I, А-II, А-III, А-IV и А-V. Горячекатаную стержневую арматуру изготовляют: класса А-I гладкого профиля, а классов А-II, А-III, А-IV и А-V — периодического профиля (рис. 8.14, *а*, *б*) с пределом текучести 240...800 МПа, термически упрочненную классов Ат-IV, Ат-V и Ат-VI с пределом текучести 600...1000 МПа.

Для того чтобы арматурные стали по внешнему виду отличить друг от друга, концы термически упрочненных стержней в зависимости от класса окрашивают: Ат-IV — в красный цвет, Ат-V — в синий, Ат-VI — в зеленый.

Стальную проволочную арматуру делят на арматурную проволоку и арматурные проволочные изделия. Арматурную проволоку 3...8 мм изготовляют: класса В-I — обыкновенная гладкая, класса В-II (рис. 8.14, *в*) — высокопрочная гладкая и класса Вр-II — высокопрочная периодического профиля (рис. 8.14, *г*).

Проволочные изделия выпускают в виде трехпроволочных прядей класса П-3 (рис. 8.14, *д*) $d=2{,}6...3{,}4$ мм и семипроволочные пряди класса П-7

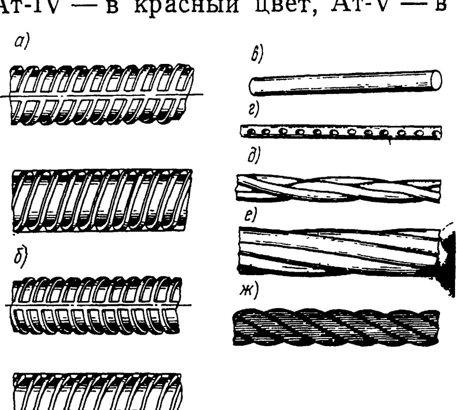


Рис. 8.14. Арматура, применяемая для устройства железобетонных конструкций

(рис. 8.14, *е*) d=4,5...15 мм. Для изготовления напряженно-армированных железобетонных элементов мостов, эстакад, путепроводов применяют арматурные канаты классов К-7 и К-19 (рис. 8.14, *ж*). Горячекатаные арматурные стали классов А-I, А-II, А-III используют для изготовления как обычных, так и предварительно напряженных железобетонных конструкций, а класса А-IV и упрочненные вытяжкой классов А-IIв и А-IIIв — главным образом для предварительно напряженных железобетонных конструкций. Термически упрочненную арматурную сталь в виде несварной напрягаемой арматуры применяют только для изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций.

Из обыкновенной арматурной проволоки изготовляют арматурные сетки, каркасы, хомуты колонн и балок. На заводы железобетонных изделий стержневую арматуру d=10...80 мм поставляют в пачках, а $d \leqslant 10$ мм — в бухтах. Длину стержневой арматуры принимают 6...12 м, а по особому заказу — 18...24 м. Приемку арматуры производят согласно данным сертификата (паспорта), в котором указывается наименование завода-изготовителя, номер партии поставляемой арматуры, класс и марка стали, ее химический состав, диаметр и длина стержней, их механические свойства и дата выпуска.

Для изготовления полимербетонных конструкций применяют стеклопластиковую арматуру, состоящую из пучка ориентированных стеклянных волокон, объединенных полимерным связующим.

Для производства конструкций из фибробетона применяют различную фиброарматуру, изготовляемую из мелких отрезков стальной проволоки (длиной 20...50 мм, диаметром 0,25...1 мм), металлической стружки или кордных синтетических волокон из вискозы, капрона, стекловолокна.

По трудоемкости арматурные работы составляют (вместе со сварочными) 30...35 % от общих трудозатрат, необходимых для изготовления железобетонных конструкций.

8.10. Упрочнение арматуры

Для повышения предела текучести арматурной стали применяют термическое или механическое упрочнение в холодном состоянии. При механическом упрочнении арматуры используют явление наклепа, т. е. изменение механических свойств металла в результате действия пластических деформаций. Механическое упрочнение стали производят тремя способами: силовой калибровкой, волочением и сплющиванием.

Упрочнение металла силовой калибровкой происходит в результате вытяжки арматуры на специальных гидравлических или механических установках. Гидравлические установки оборудованы гидравлическими домкратами с усилием 600 кН и ходом поршня 800 мм. В механических установках для вытяжки арматуры используют лебедки, винтовые домкраты, кривошипно-шатунные или рычажно-грузовые механизмы. Кривошипно-шатунные механизмы яв-

ляются наиболее производительными. Они обеспечивают полуавтоматический и автоматический режим работы. Арматура диаметром 3...8 мм, поступающая в бунтах, упрочняется установками с лебедками.

Упрочнение металла волочением основано на протягивании арматурной проволоки d=2...8 мм через волочильные плиты с конусообразными отверстиями, которые называют глазками или филерами. При протягивании проволоки через несколько волочильных плит с постепенно сокращающимися отверстиями ее диаметр уменьшается, а длина увеличивается. Арматурную проволоку, прошедшую упрочнение способом волочения, называют холоднотянутой.

Механическое упрочнение стали связано с применением громоздкого оборудования и вызывает удорожание арматурных работ, поэтому целесообразнее применять высокопрочные горячекатаные арматурные стержни периодического профиля.

Упрочнение металла термическим способом является наиболее эффективным. Сущность его состоит в том, что стальные стержни нагревают до 900...1000 °С, а затем погружают в воду на 10...15 с. Резкая перемена температуры вызывает закалку стали со значительным повышением ее прочности и снижением пластичности. При последующем отпуске, т. е. повторном нагреве арматуры до температуры 350...450 °С с постепенным охлаждением на воздухе, происходит некоторая потеря прочности стали, но увеличивается ее пластичность. Получить термически упрочненную углеродистую и низколегированную арматуру можно только при строгом соблюдении заданного режима. При термическом упрочнении горячекатаной арматурной стали, например, класса А-II марки Ст 5 ее временное сопротивление разрыву повышается с 500 до 900 МПа, а предел текучести — с 300 до 600 МПа. Прочностные данные термически упрочненной арматурной стали возрастают на 5...100 %, а дополнительные затраты на ее изготовление — всего лишь на 10 % по сравнению с обычной горячекатаной арматурой. Еще больший экономический эффект достигается при термическом упрочнении арматурной стали непосредственно на металлургических заводах.

8.11. Изделия из арматуры

В зависимости от вида железобетонной конструкции и условий ее работы применяют: сетки сварные плоские (рис. 8.15, *а*) для всех видов плит перекрытий, сводов-оболочек, покрытий, фундаментных плит и стен; сетки сварные рулонные (рис. 8.15, *б*) для устройства железобетонных покрытий дорог, взлетных полос аэродромов и других конструкций; плоские сварные каркасы (рис. 8.15, *в*) для армирования балок, прогонов и ригелей. В этих каркасах рабочую арматуру *3* приваривают сбоку к вертикальным стержням *2* с одной или с двух сторон, в один или два ряда по вертикали. Сверху плоский каркас имеет монтажную арматуру *1*. Рабочую арматуру с монтажной можно соединять непрерывным стержнем *4*, образуя плоскую фермочку (рис. 8.15, *г*). Балки армируют двумя и тремя

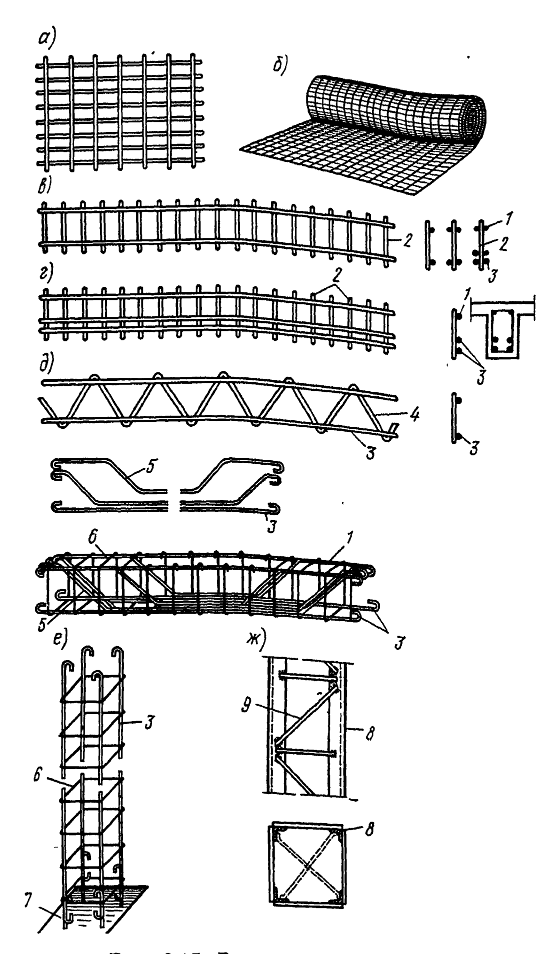


Рис. 8.15. Виды арматурных изделий

плоскими каркасами, соединенными хомутами. При устройстве арматурных каркасов из гладкой арматуры для балок, прогонов и ригелей арматурный каркас (рис. 8.15, *д*) собирают из прямолинейных рабочих стержней *3*, воспринимающих растягивающие усилия в нижней зоне изгибаемой балки, стержней *5*, отогнутых под углом 45° для воприятия главных растягивающих напряжений, монтажной арматуры *1* и хомутов *6*.

Каркас колонны (рис. 8.15, *е*) состоит из рабочих стержней *3*, хомутов *6* и арматурных выпусков *7*, а каркас колонны (рис. 8.15, *ж*) с жесткой арматурой — из уголков *8*, раскосов (круглых стержней) *9* и хомутов.

Рулонные сетки изготовляют шириной до 3 м, массой 100...300 кг с расположением рабочих стержней в продольном или в поперечном, а также в обоих направлениях. Для сеток применяют стальную холоднотянутую проволоку и низколегированную катанку периодического профиля. Арматурные стержни, применяемые для изготовления каркасов и сеток, должны иметь чистую поверхность, без окалины и ржавчины, отпадающей при ударе, молотком, без следов масла, краски и других загрязнений.

В каркасах балок и прогонов на концах рабочих стержней периодического профиля отгибы не делают. Хорошее сцепление бетона с арматурой обеспечивается за счет ее рифленой поверхности.

8.12. Механизированное изготовление арматурных изделий

Для производства железобетонных конструкций было израсходовано в 1982 г. более 11 млн. т стали. Отсюда видно, как важно вести борьбу за экономию металла при раскрое арматуры и изготовлении из нее различных изделий.

Арматуру, поступающую на заводы в бухтах (мотках), обрабатывают на автоматических правильно-отрезных станках, которые производят размотку, правку, чистку и резку стержней необходимой длины. В настоящее время выпускают станки-автоматы для выпрямления круглой арматуры $d=3...14$ мм, а также для правки и резки круглой и периодического профиля арматуры.

Наибольшее распространение получили станки-автоматы (рис. 8.16, *а*), основными узлами которых являются механизмы подачи, правки, резки и приемно-отмеривающее устройство. Арматурная проволока с помощью тянущих роликов *2* сматывается с бухты *8* и подается во вращающийся правильный барабан *1* с плашками внутри. Выпрямленная проволока *4*, достигнув упора *5*, автоматически включает режущие ролики *3*, которые без остановки движения проволоки отрезают стержень необходимой длины. Тянущие и режущие ролики приводятся во вращение электродвигателем *7*, а правильный барабан — электродвигателем *9*. Готовые стержни подают в приемный лоток *6*, а из него к станкам для сварки сеток и плоских каркасов.

Стержневая арматура $d=10...40$ мм очищается и выпрямляется как вручную, так и механически. Очистка стержней осуществляется ручными стальными щетками или электрощетками. Для правки стержневой арматуры вручную применяют специальные стальные плиты с уголками (рис. 8.16, *б*) или штырями (рис. 8.16, *в*). Стержни $d=24...40$ мм выпрямляют с помощью накладного ключа. Для правки тяжелой арматуры более $d=24$ мм используют станки для гнутья арматуры (С-146 А). Резку арматуры осуществляют на приводных и ручных станках.

Гнутье арматуры производят на приводных станках, имеющих два гибочных диска: один для гнутья арматуры $d=40...90$ мм и

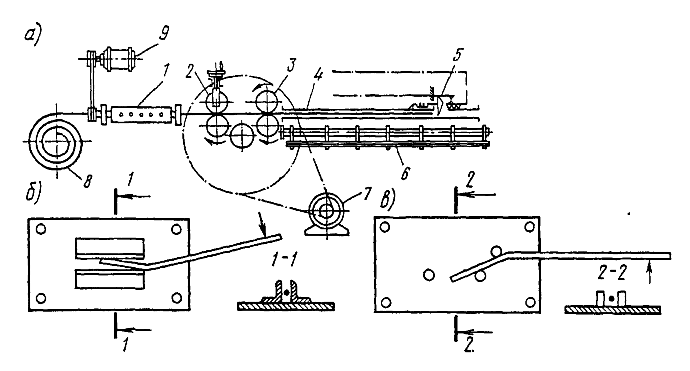


Рис. 8.16. Схема правильно-отрезного станка

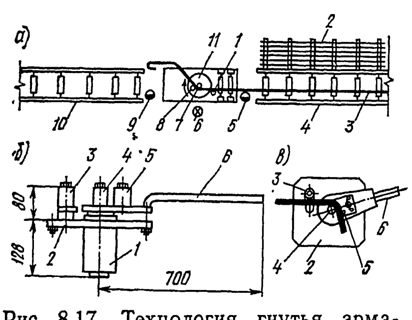


Рис. 8.17. Технология гнутья арматуры

другой для гнутья арматуры до $d=40$ мм. Оба диска получают вращение от электродвигателя с двухступенчатым редуктором.

Схема работы звена арматурщиков при гнутье стержней до $d=40$ мм показана на рис. 8.17, *а*. Нарезанные стержни нужной длины *2* укладывают на роликовый стол. Арматурщик 3-го разряда (*5*) по поперечинам скатывает стержни на роликовый стол *4* и передвигает их к гибочному станку. Арматурщик 5-го разряда (*6*) делает крюки на концах стержней, отгибы под углом 45° и т. д. При необходимости, например, сделать отгиб под углом 45° стержень *3* кладут на диск вплотную к центральному пальцу *7* и неподвижной опоре *1*. При вращении диска *11* по часовой стрелке подвижный (гибочный) палец *8* вращается вместе с ним и загибает стержень на нужный угол. Когда на стержне сделаны все необходимые отгибы, арматурщик 3-го разряда *9* укладывает его на роликовый стол *10*. Заготовленные стержни снимают со стола, перегружают на вагонетки и направляют на пост сварки арматурных каркасов.

Изделия из легкой арматуры (до $d=12$ мм) — хомуты, небольшие петли и т. д.— можно изготовлять на ручных гибочных станках конструкции Н. С. Замкова (рис. 8.17, *б*). Принцип работы ручных станков такой же, как и механических. Роль диска выполняет подвижная рукоятка *6*, на которой закрепляется гибочный палец *5*. На корпусе *1* с центральным пальцем *4* неподвижно закреплена плита *2* с упорным пальцем *3*. Схема гнутья стержней $d=$ $=6...8$ мм показана на рис. 8.17, *в* (позиции см. на рис. 8.17, *б*).

8.13. Электросварка арматуры

Электросварка универсальна и нетрудоемка. На строительной площадке с помощью электросварки проще и удобнее соединять арматурные каркасы, сетки и отдельные стержни. Пространственная жесткость узлов сборных элементов обеспечивается благодаря сварке различных закладных элементов и арматурных стержней.

Электросварочные работы выполняют с применением **контактной и дуговой сварки.** Разновидностями первого вида являются контактно-стыковая и точечная сварка, а второго — дуговая шовная (с применением одного или нескольких электродов), ванная, ванношовная и электрошлаковая сварка. В последние годы в СССР начинает применяться плазменная сварка.

При необходимости соединения арматурных стержней друг с другом по длине используют контактно-стыковую сварку. Это самый экономичный способ соединения элементов, не требующий дополнительного расхода металла на накладки, подкладки и пла-

вящиеся электроды. Кроме того, при этом представляется возможным механизировать и автоматизировать все технологические процессы. Контактно-стыковой способ основан на соединении друг с другом разогретых до температуры плавления торцов стержней под воздействием электрического тока и последующего механического сжатия (рис. 8.18, *а*). Стержни *3*, подлежащие сварке, предварительно закрепляют в подвижном *4* и неподвижном *2* зажимах. Каждый зажим жестко прикрепляют к токопроводящим плитам, изолированным от корпуса машины *5*. Одна плита *1* неподвижна, а другая укреплена на подвижной каретке и с помощью рычага *6* перемещается в горизонтальной плоскости. Когда стержни закреплены в зажимах, с помощью рычага и подвижной плиты один из стержней подводится к другому, образуется замкнутая электрическая цепь с наибольшим сопротивлением в зоне контакта, где под воздействием большой силы тока (до 50 000 А) торцы стержней разогреваются до пластического и частично жидкого состояния. В это время стержни с определенным усилием прижимаются друг к другу и свариваются. По мере нагрева стержней происходит их автоматическая осадка. Подготовка к сварке торцов стержней производится на этой же машине. Количество теплоты, выделяемой в зоне контакта стержней при пропуске электрического тока

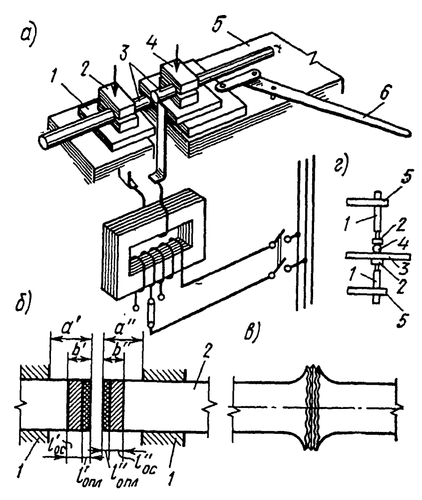


Рис. 8.18. Контактная стыковая электросварка арматурных стержней

$$Q = 0{,}24 I^2 R_{\text{общ}} t,$$

где I — сила тока, А; $R_{\text{общ}}$ — общее сопротивление, Ом, определяют как сумму контактного сопротивления $R_{\text{к}}$ и сопротивления нагреваемого участка металла $R_{\text{м}}$; t — время протекания тока, с.

Контактно-стыковую сварку выполняют тремя способами: сопротивлением, непрерывным и прерывистым оплавлением концов стержней. При сварке по первому способу концы стержней до $d=16$ мм плотно сжимают рычагом, а затем включают сварочный ток. В зоне контакта они быстро нагреваются и от сжимающего усилия сминаются сначала отдельные выступы, а затем все остальные до полного поперечного сечения стержня. За счет оплавления неровностей на торцах происходит уменьшение длины левого стержня на величину $l'_{\text{опл}}$ и правого — на величину $l''_{\text{опл}}$ (рис. 8.18, *б*), называемую припуском оплавления. В разогретом виде стержни сжимаются (осаживаются) рычагом до момента появления в шве мест-

ного утолщения, называемого грат (рис. 8.18, *в*). На образование утолщения необходимы величины $l'_{ос}$ и $l''_{ос}$, называемые припуском на осадку. Общий припуск на стержне $b' = l''_{опл} + l'_{ос}$. Недостаток контактной сварки способом сопротивления состоит в том, что требуется хорошая подгонка и зачистка торцов стержней. Несоблюдение этого условия приводит к тому, что при нагреве воздуха, находящегося в зазоре между торцами, образуется окисная пленка, снижающая качество сварного шва.

Стержни d=16...40 мм сваривают способом **непрерывного оплавления.** Сущность его заключается в том, что стержени, закрепленные в губках, подсоединяются к сварочному току (будучи в разомкнутом состоянии), а затем небольшим усилием сближаются до касания торцами. В зоне контакта происходит замыкание цепи с искрообразованием раскаленного металла. Оплавленные торцы стержней сначала плавно сближаются, а в конце сварки быстро сжимаются, и происходит осадка стержней. Достоинство сварки оплавлением состоит в том, что не требуется зачистка и механическая подготовка торцов стержней. Зачистка производится лишь в случае, если на торцах имеются краска или толстый слой ржавчины. С торцов толстых стержней, разрезанных газовым пламенем, шлаковая корка удаляется зубилом или молотком.

При контактной сварке **прерывистым оплавлением** осуществляется предварительный подогрев стержней диаметром более 40 мм за счет многократно повторяющихся (4...18) соединений и разъединений торцов. В момент кратковременных контактов происходит более глубокий и равномерный прогрев металла по всему сечению стержней, что способствует качественному их соединению. В конце прогрева ведется непрерывное оплавление торцов при светло-красном накале с окончательной осадкой стержней. Контактно-стыковая сварка способом прерывистого оплавления позволяет снизить мощность сварочных машин в 2...3 раза, уменьшить величину оплавления и устранить закалку металла в зоне стыка (особенно это важно при сварке высокопрочных сталей — класса A-III и выше).

Поверхности стыкуемых стержней в местах зажимов, а также внутренние поверхности губок зажимов должны быть очищены от ржавчины, окалины и других загрязнений с помощью стальных дисковых щеток или наждачных кругов. Загрязненные поверхности арматуры (особенно периодического профиля) вызывают поджог стержней, искрение в местах плохого контакта губок зажима, что приводит к их быстрому износу, а также отрицательно сказывается на качестве сварного шва (создается хрупкая структура стали). Концы свариваемых стержней не должны иметь искривлений, а их оси должны совпадать друг с другом. Для контактной сварки способом оплавления стержни держат под прямым углом.

Прочность сварных соединений во многом зависит от режима стыковой сварки, т. е. от силы тока или его плотности, времени протекания тока, усилия сжатия стержней при осадке. Сжатие стержней осуществляется сначала под током с усилием 40 % от общей величины осадки, а 60 % — после выключения тока.

Установочная длина a' — это расстояние от торцов стержней до зажимов. Чем она больше, тем равномернее прогреваются концы свариваемых стержней. Но если установочная длина превышает заданные пределы, то при осадке концы стержней искривляются, расход энергии повышается, сила сварочного тока уменьшается, что приводит к снижению производительности труда. Поэтому при контактно-стыковой сварке принимаются следующие оптимальные величины: установочная длина $a'=2{,}5...3\ d$ свариваемых стержней; величина оплавления $l_{опл}=0{,}6...0{,}8\ d$; величина осадки $l'_а=0{,}3...0{,}35\ d$.

Точечная электросварка имеет ту же физическую основу, что и контактно-стыковая сварка способом сопротивления. Разница состоит лишь в том, что стержни свариваются друг с другом не своими торцами, а в местах их взаимного пересечения. При контактно-точечной сварке (рис. 8.18, *г*) свариваемые стержни *3* и *4* в месте взаимного пересечения зажимаются медными электродами *2*, закрепленными в электрододержателях *1*. Для сварки сеток небольшой ширины и плоских каркасов электрододержатели прикрепляются к верхней и нижней консоли (хоботам) *5*. Когда электроды сжимают стержни, в местах их взаимного пересечения (точках) под воздействием электрического тока происходит оплавление поверхностей. Затем верхний электрод разъединяет электрическую цепь, металл быстро остывает и арматурные стержни прочно соединяются друг с другом. Режим точечной электросварки зависит от силы сварочного тока, времени его прохождения, диаметра свариваемых стержней и марки стали.

Точечную электросварку можно выполнять при жестком режиме, когда ток большой величины проходит через стержни в короткое время, и при мягком режиме, когда время протекания тока большое, а сила сварочного тока мала. Выбранный режим сварки с обеспечением необходимой прочности сварочного шва проверяется лабораторным испытанием. Машины для точечной сварки делят в зависимости от количества одновременно свариваемых точек, т. е. одноточечные, двухточечные и многоточечные.

Сварка арматуры плавлением основана на использовании теплоты электрической дуги, расплавляющей стержни в месте их соединения, или теплоты, выделяющейся при прохождении сварочного тока через электропроводный шлак. При сварке арматуры плавлением различают следующие ее виды: дуговая шовная, дуговая ванная, ванно-шовная сварка и электрошлаковая сварка на съемных формах. При дуговой шовной сварке в зависимости от диаметра стержней применяют следующие способы их соединения: с накладками и четырьмя фланговыми швами (рис. 8.19, *а*) и двумя швами (рис. 8.19, *б*) — при $d=8...80$ мм; внахлестку с двумя швами (рис. 8.19, *в*) и внахлестку с одним швом (рис. 8.19, *г*) — при $d=8...40$ мм; многослойными швами при соединении горизонтальных стержней с подкладкой длиной $2d$, но не менее 30 мм (рис. 8.19, *д*), вертикальных стержней $d=20...32$ мм с накладками

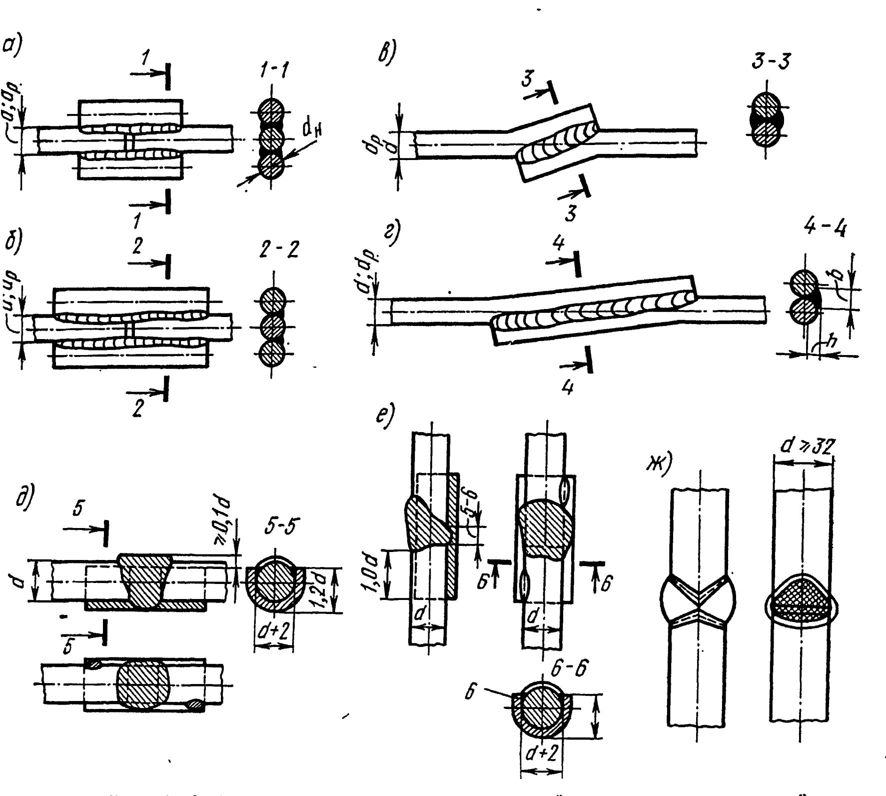


Рис. 8.19. Технология стыковых соединений арматурных стержней с помощью дуговой сварки

(рис. 8.19, *е*) и вертикальных стержней d=32...80 мм без накладок (рис. 8.19, *ж*). В последнем способе послойное наложение металла в корне разделки производится снизу вверх, с двух сторон до получения заданного профиля шва.

До наложения постоянных швов сначала накладки фиксируются в проектном положении с помощью электроприхваток, устраиваемых на их концах. Затем начинают сварку стержней в горизонтальном положении от середины накладок и заканчивают на их концах (для сталей классов А-I, А-II и А-III). При сварке горизонтальных стержней из стали класса А-IV наложение шва начинают с концов накладок и ведут до их середины.

Ванная сварка основана на плавлении электродов и стыкуемых стержней в полузамкнутом пространстве. Расплавленный металл находится в ванне, образованной снизу желобчатой подкладкой или накладкой, а с боков — торцами соединяемых стержней, уложенных на подкладку с зазором. Сварка стыка в ванне состоит в постепенной заварке пространства между торцами стыкуемых стержней. Верхняя часть расплавленного металла в ванне находится в жидком состоянии до окончания сварки. При сварке стержней

диаметром до 32 мм применяют подкладки, которые необходимы только для образования ванны, а при сварке стержней d=32... 80 мм используют накладки, которые кроме выполнения функции ванны воспринимают часть усилия, приходившегося на сварное соединение.

В практике арматурных работ используют **одно- и многоэлектродную ванную сварку**. Первую применяют для соединения гладких стержней из стали класса А-I и периодического профиля из стали классов А-II и А-III до d=32 мм. При сварке горизонтальных стержней используют электроды d=5 мм.

Многоэлектродную ванную сварку (рис. 8.20, *а*, *б*) используют для соединения стержней *1* периодического профиля из стали классов А-I, А-II и А-III d=20...80 мм. Сварку осуществляют расплавлением гребенки электродов *2*, которые прикрепляются к вспомогательной пластине, зажимаемой в электрододержателе *3*. В зависимости от диаметра свариваемых стержней в гребенке применяют 6...7 электродов d=4...5 мм. Электросварщик удерживает гребенку электродов в нужном положении с помощью ручки *4*. Для безопасной работы рука сварщика защищена от кабеля *6* щитком *5*.

Для стержней d=36...40 мм применяют цельные стальные подкладки с канавками (рис. 8.20, *в*), а для стержней $d>40$ мм — составные из меди или графита (рис. 8.20, *г*). Используют и более простые в изготовлении подкладки (рис. 8.20, *д*), состоящие из двух сварных подкладок *7* и скоб *8* из круглой стали.

Ванно-шовную сварку (рис. 8.20, *е*) выполняют так же, как и многоэлектродную ванную сварку, с той лишь разницей, что для усиления сварного соединения накладку дополнительно приваривают к стержням фланговыми швами *9*. Длину заготовок подкладок и накладок для ванно-шовной сварки принимают равной 3d свариваемого стержня, а толщину — 0,2 d, но не менее 6 мм.

Принимают следующий рациональный режим ванной и ванно-шовной сварки: для стержней d=20...32 мм и электродов d= = 5 мм — ток 230...275 А; для стержней d=36...80 мм и электродов d=6 мм — ток 300...500 А.

Электрошлаковую сварку выполняют при пропуске электрического тока через электропроводный флюс *13*, расположенный в флюсоудерживающей коробке *11*. В начальный период между пластинчатым электродом *10* (рис. 8.20, *ж*) и медной формой *12* возникает электрическая дуга, расплавляющая флюс. В дуговой промежуток затекает расплавленный флюс, гасит электрическую дугу и в дальнейшем бездуговой процесс сварки происходит под действием теплоты, выделяемой при прохождении тока между электродом и расплавленным флюсом. Расплавленный металл электрода и торцы стержней находятся в ванне под слоем расплавленного флюса, который образует эластичную оболочку, защищающую сверху жидкий металл от вредного воздействия кислорода и азота воздуха. Кроме того, оболочка препятствует разбрызгиванию жидкого металла и создает благоприятные условия для формирования шва. Этот способ позволяет значительно увеличить мощность электри-

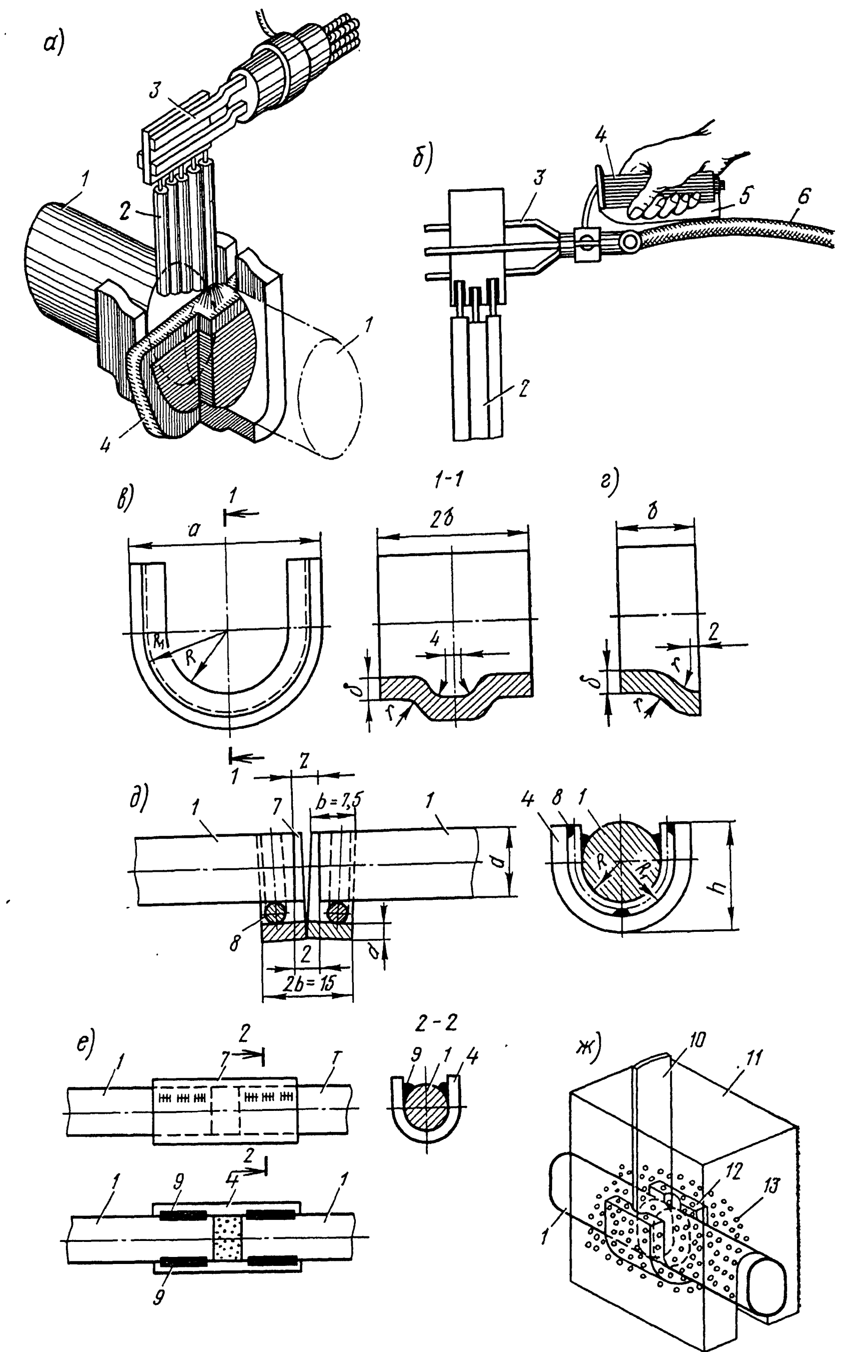


Рис. 8.20. Схемы соединения стержней ванной сваркой

ческой дуги (в 5...10 раз по сравнению со сваркой открытой дугой), вследствие чего ускоряется процесс сварки, повышается качество сварных изделий и сокращается расход электроэнергии.

Электрошлаковую сварку выполняют вручную, полуавтоматическую и автоматическую с использованием как постоянного тока от сварочных преобразователей, так и переменного от сварочных трансформаторов. Полуавтоматическую электрошлаковую сварку осуществляют с помощью полуавтоматов и при сварке стали класса А-III выполняют с помощью электродной проволоки СВ-ОВГА d=2...2,5 мм вручную — пластинчатого электрода из малоуглеродистой стали марки Ст3 или электродов из голой сварочной проволоки марок СВ-08 или СВ-08А.

В зависимости от вида сварки применяют соответствующие электроды: непокрытые (голые), с тонким покрытием 0,1...0,3 мм (тонкообмазанные) и с толстым покрытием 0,5...5 мм (качественные). Для сварки стержней из малоуглеродистых и низкоуглеродистых сталей используют электроды из стальной сварочной проволоки марки СВ-08 или СВ-08А d=1...12 мм. Тонкообмазанные электроды имеют стабилизирующее меловое покрытие, которое увеличивает устойчивость горения дуги. Применяют их для сварки арматуры, к которой не предъявляют требований повышенной прочности. Электроды с толстой обмазкой обеспечивают получение в шве наплавленного металла, необходимого механического и химического состава. При плавлении электрода вещества толстой обмазки выделяют шлак и газы и защищают расплавленный металл от вредного воздействия кислорода и азота воздуха. При этом происходит раскисление металла шва и его легирование.

Из углеродистой или легированной стали изготовляют толстообмазанные электроды, длина которых принимается в зависимости от диаметра стержня. В практике сварочных работ начали применять порошковые электроды, в покрытии которых содержится железный порошок, повышающий производительность и коэффициент наплавки, т. е. масса *12* наплавленного в течение 1 ч металла, отнесенного к 1 А сварочного тока [г/(А·ч)]. Электроды должны храниться в сухом помещении. Если они длительное время находились на складах, то перед употреблением в дело их необходимо просушить или прокалить. Электроды закрепляют в электрододержателях, к которым по кабелю подводится сварочный ток. Для защиты глаз сварщика от слепящего действия электровольтовой дуги используют защитный щиток или шлем.

Монтаж арматуры необходимо производить укрупненными элементами в соответствии с проектом производства работ. Перед установкой каркасов и сеток опалубку проверяют на прочность, устойчивость и соответствие проектным размерам.

По окончании арматурных работ принимают изделия и составляют акт на скрытые работы. В нем указывают соответствие СНиП III-16—80 и проекту или отступление от него (с указанием номера рабочих чертежей), дают оценку качества выполненных работ и заключение о возможности бетонирования. В процессе производст-

ва работ арматура должна быть предохранена от повреждений и смещений. Качество сварных соединений проверяют выборочно с помощью ультразвуковой дефектоскопии.

8.14. Арматурные работы при изготовлении напряженно-армированных конструкций

Для изготовления напряженно-армированных конструкций применяют стержни горячекатаной арматуры, высокопрочную проволоку, пряди, канаты, а также пучки и пакеты из них.

Проволочные пряди образуются в результате скручивания двух и более проволок d=2,5...5 мм. Наша промышленность выпускает семипроволочные пряди (рис. 8.21, *а*) из проволок d=1,5...5 мм, 19-проволочные пряди (рис. 8.21, *б*) из проволок d=1,5...4 мм. Проволочные канаты изготовляют из нескольких прядей: двухпрядные — в каждой пряди по семь проволок (рис. 8.21, *в*) или по 19 проволок d=1,5...3 мм (рис. 8.21, *г*) при шаге свивки l и трехпрядные — в каждой пряди по семь проволок d=1,5...3 мм (рис. 8.21,*д*).

Для симметричного размещения рабочей арматуры по сечению канала железобетонного изделия проволоку или пряди объединяют в пучки и располагают по окружности. Отдельные проволоки *1* в пучке прикрепляют вязальной проволокой *2* к спиралям *3* (рис. 8.21, *е*). Изготовляют их длиной 50...70 мм из проволоки d=2,5 мм с шагом 20 мм и устанавливают по длине пучка через 1,2...1,5 м. В зависимости от воспринимаемого усилия в пучке может быть 8... 48 проволок.

Для защиты пучка арматуры от коррозии по окончании натяжения всех проволок производят нагнетание цементного раствора в канал. Чтобы раствор хорошо обволакивал каждую проволоку, в пучке укладывают три коротких отрезка проволоки *4* (рис. 8.21, *ж*), образующие по его длине три щели. При строительстве мостов, эстакад применяют мощные пучки, состоящие из 10...50 проволок d= =3...8 мм, расположенных многорядными кругами вокруг центральной проволоки *5* d=8 мм (рис. 8.21, *и*). Арматурную проволоку в каждом ряду связывают вязальной проволокой. Сформированный пучок заключают в трубку *6* и укладывают в опалубку изготовляемой балки или вводят в готовый канал (*7* — раствор).

Балки больших пролетов армируют пучками, состоящими из шести групп проволок *8* (рис. 8.21, *к*). В каждую группу входит семь проволок d=3...5 мм, закрепленных вязальной проволокой вокруг спирали *3* (*9* — дополнительная проволока).

При изготовлении напряженно-армированных конструкций для закрепления концов арматуры после ее натяжения применяют однократно используемые приспособления: высаженные головки, обжимные анкеры и клиновидные устройства, а также многократно используемые инвентарные зажимы. Для закрепления стержневой напряженной арматуры *1* на упорах форм или стендов используют однократно применяемые устройства: в виде приваренных на концах стержней стальных коротышей *2* (рис. 8.22, *а*) или стальных петель *3* (рис. 8.22, *б*), а также в виде высаженной головки *4*

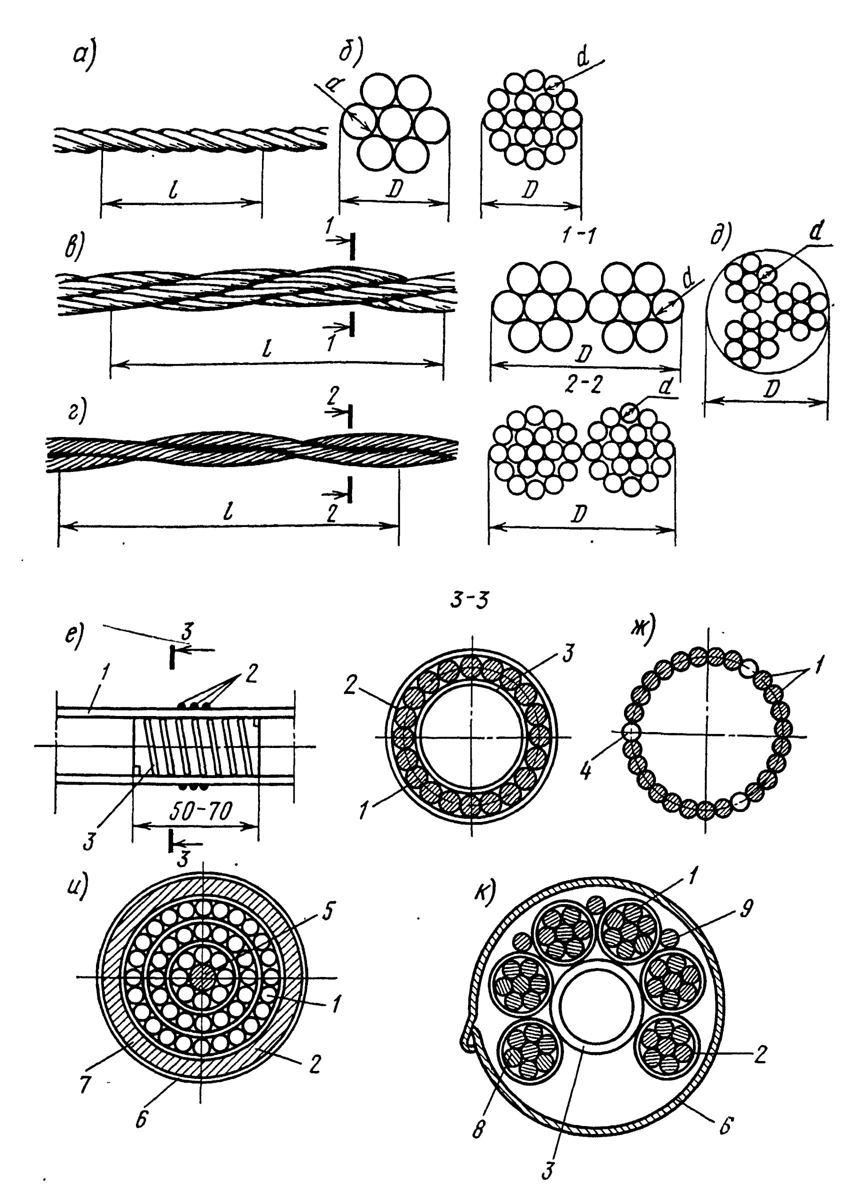


Рис. 8.21. Разновидности арматуры, применяемой для изготовления напряженно-армированных конструкций

с шайбой *5* (рис. 8.22, *в*) и с напрессованной втулкой *6* из стальных бесшовных труб (рис. 8.22, *г*).

Наибольшее распространение получил способ закрепления стержневой арматуры с помощью высаженных головок, изготовление которых менее трудоемко и не требует дополнительных затрат ме-

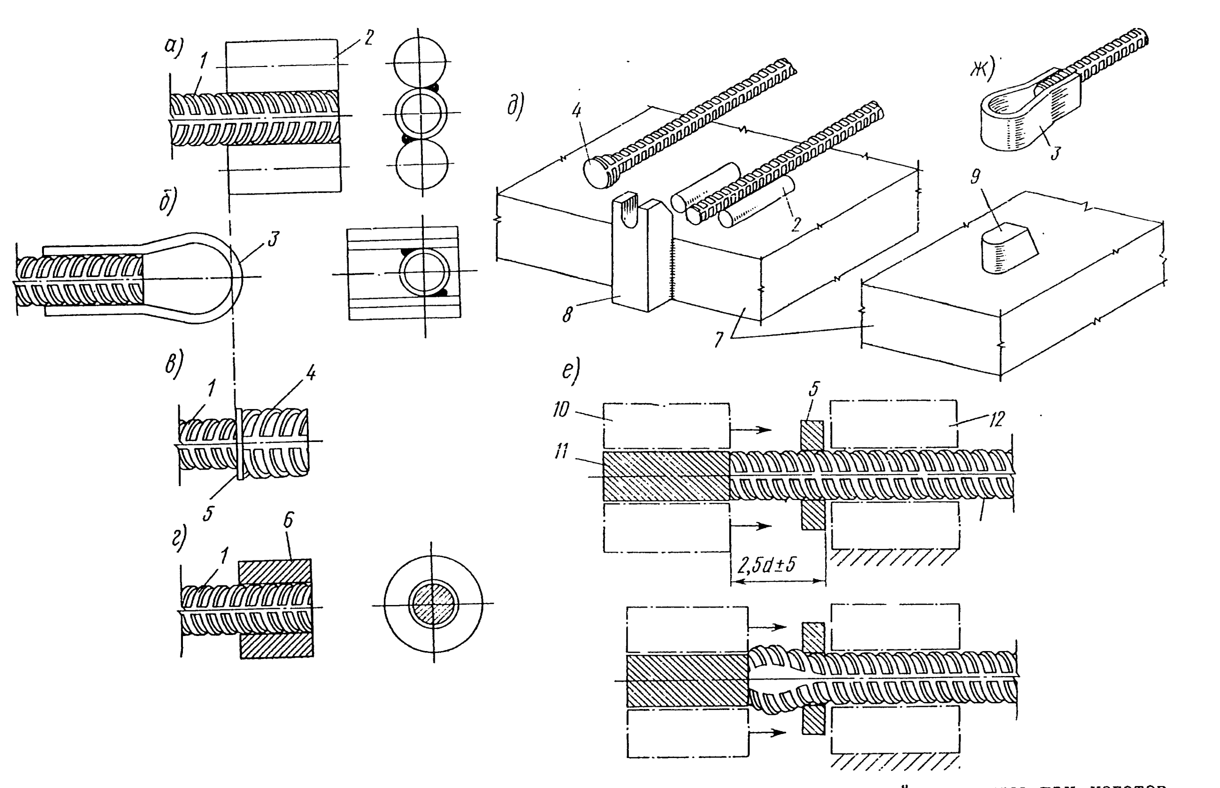


Рис. 8.22. Устройства однократного использования для закрепления стержневой арматуры при изготовлении напряженно-армированных конструкций

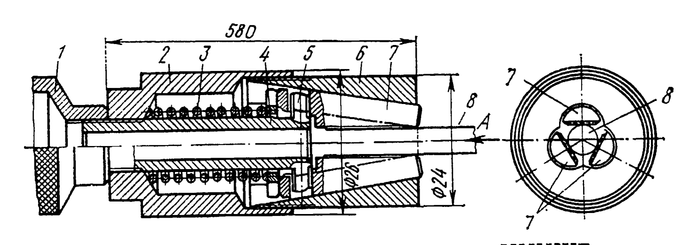


Рис. 8.23. Полуавтоматический зажим НИИЖБа:

1 — объемная рукоятка; *2* — корпус зажима; *3* — пружина; *4* — толкатель; *5* — рожки; *6* — конусообразный стакан; *7* — зажимные губки; *8* — стержень

талла. Устраивают высаженные головки на специальных стыковых электросварочных аппаратах (рис. 8.22, *е*). Стержень *1*, на котором необходимо получить высаженную головку, своим концом с предварительно насаженной шайбой *5* закрепляют в неподвижном зажиме *12* сварочного аппарата. После разогрева стержня током до температуры 700...800 °С подвижный зажим *10* с медным упором *11* перемещается к неподвижному зажиму. В результате сжатия на разогретом участке стержня длиной $2{,}5d\pm5$ мм образуется местное утолщение, называемое высаженной головкой. Высадка головки начинается только после выключения тока. Высаженные головки на стержнях должны термически обрабатываться с выдерживанием их в течение 1...2 ч при температуре 200...300 °С. Имеются установки для одновременной высадки головок на обоих концах стержня длиной 5,5...6,5 м и $d=10...25$ мм. Стержни с высаженной головкой с напрессованной втулкой или с приваренными коротышами закрепляют на поддоне *7* с помощью вилочного упора *8* (рис. 8.22, *д*), а с приваренной петлей — с помощью упора *9* (рис. 8.22, *ж*).

Для закрепления напряженной арматуры в качестве инвентарного приспособления используют клиновой зажим и полуавтоматический зажим НИИЖБа. В клиновом зажиме напряженный стержень закрепляется в корпусе с помощью клина, насечка которого врезается в арматурный стержень и тем самым исключает его проскальзывание. Полуавтоматический клиновой зажим НИИЖБа (рис. 8.23) используют для закрепления стержневой, проволочной и прядевой арматуры.

Для высадки головок холодным способом на проволоке $d=$ $=4...7$ мм применяют прессы, а горячим способом — стыковые сварочные аппараты. На проволочной арматуре устраивают концевые головки (при заделке в высокопрочном бетоне) и дополнительные промежуточные головки при заделке в бетоне пониженных марок. Схема работы стыковых сварочных аппаратов при высадке промежуточной головки показана на рис. 8.24, *а* и концевой — на рис. 8.24, *б*. В первом случае проволоку *4* располагают до упора *5* и закрепляют эксцентриками *2* в неподвижном зажиме *3* и подвижном *1*. Когда конец проволоки разогреется до температуры 600... 640 °С, ток выключают и с помощью рычага *6* подвижный зажим высаживает промежуточную головку. Для устройства концевой

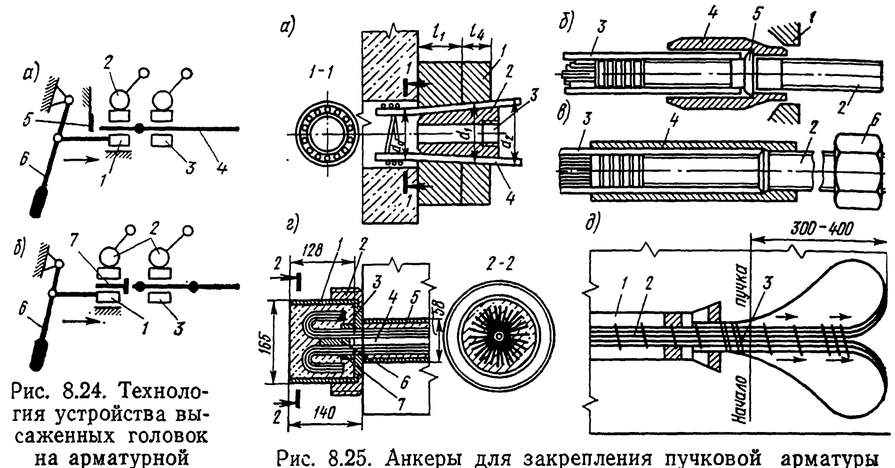


Рис. 8.24. Технология устройства высаженных головок на арматурной проволоке

Рис. 8.25. Анкеры для закрепления пучковой арматуры в напряженно-армированных конструкциях

головки в подвижный зажим устанавливают медный упор *7*, с помощью которого производят обжатие разогретого конца проволоки. Головка должна иметь длину 5...6 мм, диаметр 1,5...2*d* проволоки.

Для закрепления проволочной арматуры (с передачей усилия на бетон) применяют анкеры различной конструкции: конический, гильзовый, стаканный и глухой. При закреплении пучковой арматуры в коническом анкере концы проволок *4* (рис. 8.25, *а*) пропускают через коническое отверстие в анкерной плите *1*. Когда произведено натяжение проволок с помощью гидравлического домкрата двойного действия, анкерная пробка *2* заклинивается в плите тем же домкратом и зажимает арматурную проволоку. В анкерной пробке 2 имеется отверстие *3* для нагнетания раствора в канал. Пучок арматуры вводят в канал, образованный в железобетонном изделии специальным каналообразователем, состоящим из газовой трубы, смазанной солидолом. Через 2...3 ч после укладки и уплотнения бетонной смеси каналообразователь извлекают из железобетонной конструкции. Вместо каналообразователей в опалубку можно укладывать пучок проволочной арматуры с защитной металлической трубой. Концы проволок пропускают через отверстия анкерных плит с выпуском из них на 500...600 мм (для закрепления к подвижной обойме гидродомкрата). Пучковую арматуру в фермах и балках длиной более 18 м натягивают с двух сторон, а при длине до 18 м — с одной стороны. В последнем случае с одного конца балки проволоку закрепляют наглухо в коническом анкере до ее натяжения, а с противоположного конца — после натяжения.

Гильзовый анкер (рис. 8.25, *б*, *в*) имеет стержень (болт) *2* с утолщением посередине (бурт) *5*. На одном его конце имеется нарезка с гайкой *6*, а на другом — кольцевые выступы (для лучшего заанкеривания арматуры *3*). На стержень со стороны нарезки на-

девается гильза 4, а в ее широкую часть вставляют концы пучковой арматуры, которые с помощью фильера 1 зажимаются между гильзой и стержнем.

В мостостроении для закрепления мощных пучков арматуры в сборных и монолитных конструкциях применяют анкеры стаканного типа (рис. 8.25, *г*). На пучок 4 с защитной трубкой 5 устанавливают ограничительную шайбу 7 и стакан 1 с отверстием в днище. Чтобы расклинить проволоку в обжимном кольце 3, забивают конический вкладыш 6. Для более надежного заанкеривания в стакане проволоки ее концы отгибают в виде крючков и заделывают бетоном М500. Натяжение пучка арматуры производят за два полукольца 2, к которым подсоединяют гидродомкрат. После натяжения арматуры в пространство между ограничительной шайбой и стенкой железобетонной конструкции забивают клинья, а домкрат и полукольцо снимают.

Глухой анкер (рис. 8.25, *д*) применяют при изготовлении монолитных напряженно-армированных конструкций. Концы проволок арматурного пучка 2 отгибают с одного конца мостовой балки, заводят в защитную трубку 1 и привязывают к пучку вязальной проволокой 3. В таком виде пучок с петлевыми отгибами укладывают в опалубку и бетонируют. По окончании твердения бетона концы проволок оказываются жестко заделанными с одной стороны балки, а с другой устанавливают анкер стаканного типа, с помощью которого и производят натяжение пучка. Чтобы бетон при его уплотнении не попадал в канал, зазор между пучком и защитной трубой законопачивают.

При натяжении отдельных проволок или их групп с передачей сжимающих усилий на упоры кроме инвентарных зажимов НИИЖБа используют втулки с клиньями (рис. 8.26, *а*), клиновые цанги (рис. 8.26, *б*) и анкерные плиты с клиньями (рис. 8.26, *в, г*). Изготовляются клинья (рис. 8.26, *д*) из высокопрочных сталей с

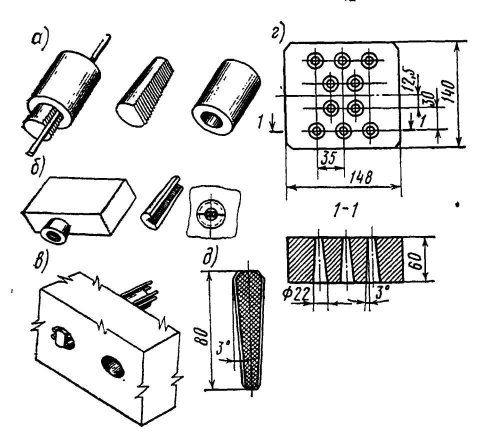


Рис. 8.26. Приспособления для закрепления проволочной арматуры в напряженно-армированных конструкциях

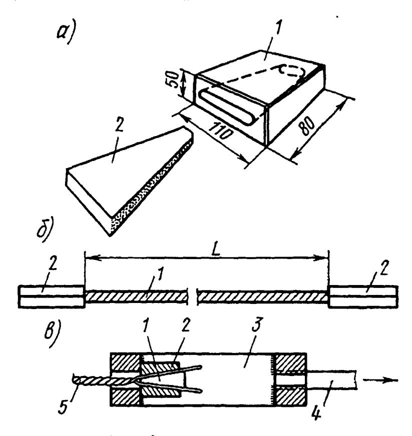


Рис. 8.27. Анкеры для закрепления прядевой арматуры

термической обработкой с образованием на поверхности насечек глубиной 0,4...0,5 мм.

Прядевую арматуру закрепляют в зажимах НИИЖБа, в плоских клиновых зажимах, состоящих из обоймы *1* и клина *2* (рис. 8.27, *а*), в стальных гильзах *2* (рис. 8.27, *в*), опрессованных на концах прядей *1* с помощью штампа.

Канатную арматуру закрепляют в круглом клиновом зажиме (рис. 8.27, *в*), состоящем из втулки *2*, в которой заанкеривают две пряди каната *5* с помощью клина *1*. Втулку закрепляют в захвате *3*, который тягой *4* соединяется с домкратом.

8.15. Способы натяжения арматуры

При изготовлении железобетонных конструкций с последующим натяжением арматуры на затвердевший бетон арматуру укладывают в каналы или борозды изготовленных железобетонных конструкций, а затем напрягают механическим, электротермическим и комбинированным способами.

При механическом способе используют гидравлические домкраты, грузовые устройства и лебедки с динамометрами. Наибольшее распространение для натяжения стержневой и проволочной арматуры получил **электротермический способ.** Он менее трудоемкий, не требует сложного, металлоемкого оборудования и может быть применен в любых условиях, где есть электроэнергия. Сущность электротермического способа натяжения арматурных стержней состоит в использовании свойств стали удлиняться при нагреве во время пропуска электрического тока. Величина усилия в стержне после его остывания во многом зависит от точности заготовки арматуры. Заготовленные стержни *1* длиной l с высаженными головками и шайбами (рис. 8.28, *б*) нагревают на специальной установке и получают удлинение $l_t - l$. Разогретый стержень *2* длиной l_t укладывают на упоры формы или стенда. Во время остывания стержень *3* стремится уменьшить свою длину до первоначальной величины l, но этому препятствуют упоры *4*, жестко прикрепленные к форме *5*. Поскольку стержень не может уменьшиться до первоначальной

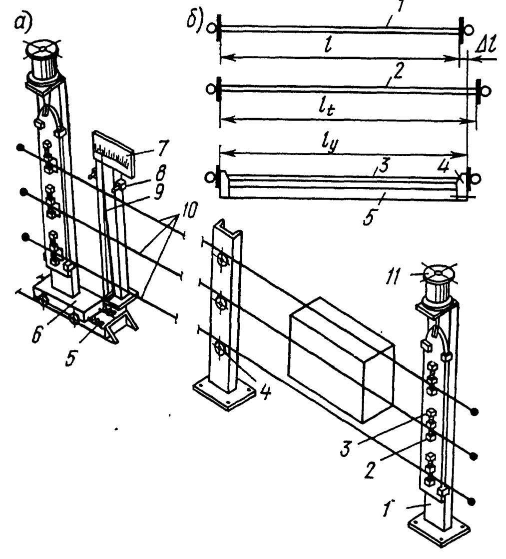


Рис. 8.28. Электротермическое натяжение стержневой арматуры

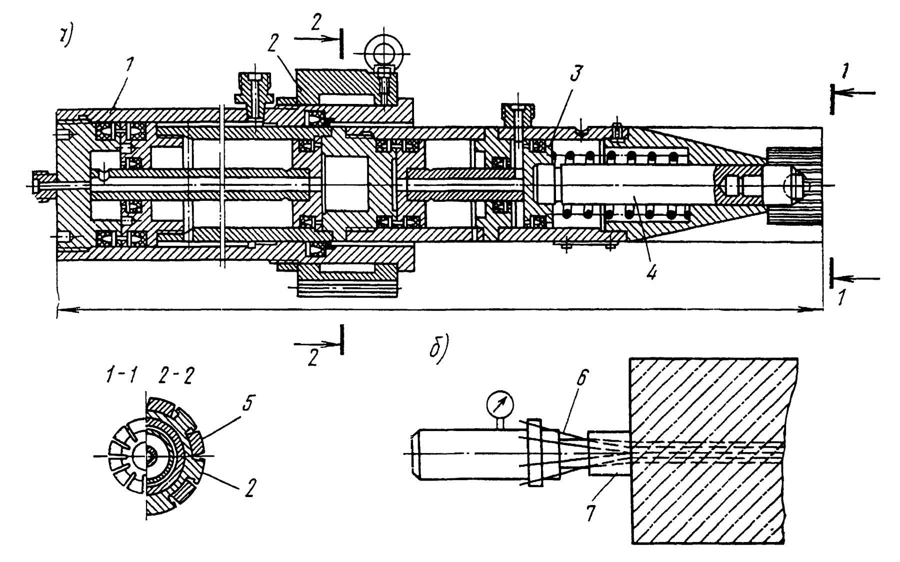


Рис. 8.29. Гидродомкрат для натяжения арматуры

длины, а получает при остывании абсолютное удлинение $\Delta l = l_у - l$, он находится в напряженном состоянии. Когда стержень остынет до температуры ниже 100 °С, производят укладку и уплотнение бетона. Отформованное железобетонное изделие проходит теплообработку, после чего сжимающее усилие воспринимается бетоном.

Нагрев стержней длиной до 18 м с заданной температурой производят на различных установках. Для одновременного нагревания трех стержней $d=12...14$ мм и длиной до 6 м установка (рис. 8.28, *а*) имеет опоры: неподвижную *1*, подвижную (на тележках) *6* и промежуточную *4*. Стержни *10* с помощью пневмоцилиндра *11* и системы разводок плотно зажимаются между прижимными *3* и токопроводящими губками *2*. Пропуская ток, стержни нагреваются и удлиняются, подвижная опора перемещается, а с помощью пружины *5* и стрелки *9* со шкалой *7* фиксируется величина удлинения стержней. Когда стержни получат заданное удлинение, электрическая сеть автоматически разъединяется конечным выключателем *8*. Режим электронагрева зависит от марки стали и диаметра стержней.

Натяжение пучковой арматуры с передачей сжимающего усилия на затвердевший бетон производят с помощью гидравлических домкратов. Гидравлический домкрат (рис. 8.29, *а*) состоит из подвижного цилиндра *1* с обоймой *2*, в которой с помощью клиньев *5* закрепляют концы проволок *6* арматурного пучка. При нагревании масла подвижный цилиндр отходит налево, увлекает за собой концы проволоки и тем самым создает необходимое натяжение в арматурном пучке. После этого в работу включается поршень *3* со

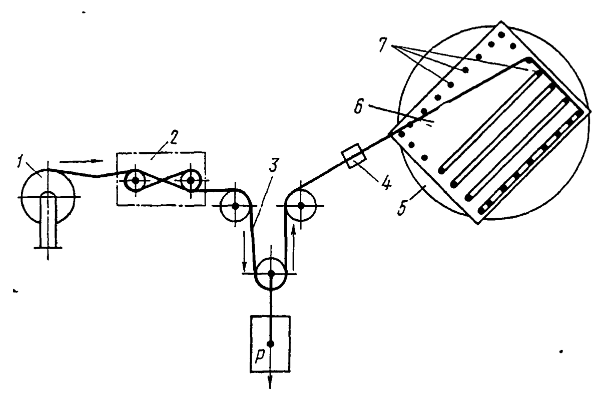


Рис. 8.30. Схема установки для непрерывного натяжения арматуры:

1 — бухта с арматурой; *2* — тормозное устройство; *3* — натяжная система; *4* — пантограф; *5* — поворотный стол; *6* — поддон-форма; *7* — упорные штыри

штоком *4*, который с помощью стальной пробки заанкеривает концы натянутых проволок в анкерной колодке *7*. Такие домкраты называют домкратами двойного действия, т. е. они сначала производят натяжение арматуры (рис. 8.33, *б*), а затем заанкеривают ее. Натяжение мощных пучков в мостовых балках производят гидродомкратами, развивающими усилие 600...1500 кН.

При выборе гидродомкрата необходимо знать то минимальное тяговое усилие Q (Н), которое он должен обеспечить для натяжения арматуры

$$Q = 1{,}1Pn/\eta = 1{,}146Pn,$$

где 1,1 — коэффициент технологической перетяжки арматуры; P — заданное усилие натяжения одного стержня или проволоки, Н; n — количество одновременно натягиваемых стержней или проволок; η — КПД гидродомкрата, $\eta = 0{,}94...0{,}98$.

Ход поршня гидродомкрата принимают в среднем равным 1 % от длины изготовляемого железобетонного изделия. Натяжение арматуры ведут в три этапа: 1 — до усилия 40...45 % от проектного (после чего в форму укладывают ненапрягаемую арматуру); 2 — до 110 % от заданного усилия (в таком состоянии она выдерживается в течение 8...10 мин); 3 — усилие натяжения уменьшается до расчетной величины.

Предварительное натяжение при изготовлении железобетонных конструкций можно осуществлять также на установках непрерывного армирования (проф. В. В. Михайлова, рис. 8.30). Установка для навивки проволоки громоздка, металлоемка и поэтому имеет ограниченное применение.

8.16. Охрана труда при производстве арматурных работ

Механизированную заготовку арматуры (чистка, выпрямление, резка, гнутье) осуществляют на станках и машинах, расположенных в арматурном цехе или на специально отведенном огражденном участке. Все машины и механизмы должны быть установлены и закреплены на прочном основании. Движущиеся части механизмов необходимо ограждать, а электропроводку хорошо изолировать и

защищать от механических повреждений. К механизированной заготовке арматуры и изделий из нее допускаются лишь лица, прошедшие специальное обучение и имеющие соответствующее удостоверение. Рабочий, обслуживающий определенный механизм, должен быть снабжен инструкцией, в которой указываются требования охраны труда, предельные нагрузки и скорости вращения рабочих органов.

Если выпрямление легкой арматуры производится на самотасках, то площадка должна быть ограждена и отстоять от рабочих мест и проходов не менее чем на 3 м. До начала работы самотаски необходимо проверить исправность троса и прочность закрепления конца арматуры.

К производству сварки допускаются лишь электросварщики, имеющие удостоверения, устанавливающие их квалификацию и характер сварочных работ.

Металлические корпуса электродвигателей, сварочных трансформаторов, электросварочных генераторов и пусковой аппаратуры должны быть надежно заземлены. До начала электросварки необходимо проверить исправность изоляции электрододержателей проводов. Для электросварки ток должен поступать только от сварочных трансформаторов, генераторов и выпрямителей, но не от электрической сети. Включение в электросеть электросварочных агрегатов производится с помощью закрытых рубильников. Электросварка осуществляется с применением двух проводов. Для заземления (обратного провода) разрешается использовать стальные шины, сварочную плиту, стеллажи и саму свариваемую конструкцию. В качестве заземления нельзя применять трубы сантехнических сетей, металлические конструкции здания и технологическое оборудование.

Электрододержатель должен прочно зажимать электрод, быть легким и удобным в работе, иметь надежную изоляцию и простое соединение со сварочным проводом. При силе тока более 600 А нельзя применять электрододержатель, в котором провод находится в рукоятке. В момент зажигания дуги напряжение в генераторе постоянного тока не должно превышать 110 В, а в сварочных трансформаторах — 70 В.

Для защиты лица и глаз электросварщика от брызг расплавленного металла, а также яркого света электрической дуги работу следует выполнять с применением шлема-маски или щитка с защитными стеклами.

Когда электросварочные работы ведутся на открытой строительной площадке, сварочные агрегаты и аппараты должны быть закрыты от атмосферных осадков. Во время грозы электросварочные работы прекращаются. При ручной дуговой сварке длина проводов между питающей сетью и передвижным сварочным агрегатом не должна превышать 15 м.

При выполнении сварочных работ в подземных коллекторах или внутри других закрытых емкостей необходимо обеспечить надежную вентиляцию рабочих мест и хорошую освещенность с

помощью ручных переносных ламп напряжением не более 12 В. Когда сварочные работы ведутся с лесов, подмостей или люлек, то должны быть приняты все меры против загорания таковых и падения расплавленного металла на работающих или проходящих внизу людей.

Если внутри шкафов, пультов управления и в станинах контактных машин располагается электроаппаратура с открытыми токоведущими частями, то доступ к ним через дверцы должен быть с блокировкой, обеспечивающей снятие напряжения при их открывании. При отсутствии блокировки дверцы должны быть закрыты на замок. Открывать замок, а также производить ремонтные работы и переключения в электросварочных установках разрешается только проинструктированному электромонтеру.

Монтировать арматурные каркасы ригелей и балок необходимо с рабочего настила шириной не менее 0,7 м с ограждением. Нельзя ходить по арматуре плит перекрытий и покрытий. Для этой цели устраиваются на козелках проходы шириной 0,3...0,4 м.

При изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций необходимо проверить исправность насосов, гидравлических или механических домкратов, зажимов, анкерных устройств, а также аппаратуры, регистрирующей степень натяжения. В торцах стендов, а также между натяжными устройствами проволочной арматуры необходимо устраивать защитные сетки высотой не менее 1,8 м. Когда натягивается арматура, на стендах должна зажигаться красная сигнальная лампа. В это время запрещается доступ посторонних лиц к натяжной установке, а также ее ремонт и смазка движущихся частей. Если замечены какие-либо неисправности в установке для натяжения арматуры, ток должен быть выключен, а работа немедленно прекращена.

Когда натяжение стержней производится электротермическим способом, необходимо принимать меры против ожогов, поражения электротоком, разрыва стержней или разрушения их анкеров. Установка для нагрева стержней и ее токопроводящие устройства ограждают. В период остывания стержней на формах запрещается пребывание и проход людей около них. На концы стержней с анкерными упорами должны быть надеты предохранительные кожухи, которые разрешается снимать перед началом теплообработки бетона.

8.В. БЕТОННЫЕ РАБОТЫ

8.17. Приготовление бетонной смеси

На строительные площадки бетонная смесь поступает в готовом виде с механизированных и автоматизированных бетонных заводов, обслуживающих ряд строительных организаций и микрорайонов города. Помимо товарного бетона современные заводы могут выпускать и сухую бетонную смесь.

При малых объемах работ и наличии местных материалов (пес-

ка, гравия), а также в случае значительной отдаленности завода товарного бетона от строящегося объекта бетонную смесь можно приготовлять на строительной площадке. В этом случае бетоносмесительную установку располагают вблизи строящегося объекта, в зоне действия стрелы крана, подающего бетон к месту его укладки. Щебень или гравий необходимых фракций, а также песок складируют около бетоносмесительной установки.

В зависимости от марки бетона, его подвижности и пластичности лабораторным путем подбирают состав бетонной смеси, т. е. соотношение (по массе) между всеми компонентами бетона. При этом учитывают марку цемента, крупность заполнителей, минералогический состав песка, его влажность, а также химический состав воды.

Бетоносмесительные установки классифицируют по способу загрузки компонентов — **непрерывного** и **цикличного действия**, а также по способу смешения — **гравитационные** и с **принудительным смешением.**

При гравитационном смешении вращается барабан с неподвижными лопастями, которые поднимают составляющие бетона в верхнюю часть смесителя, затем они падают вниз и под действием собственной массы равномерно смешиваются. Передвижные гравитационные бетоносмесители цикличного действия имеют емкость смесительного барабана 100 или 250 л. Объем одного замеса бетона соответственно равен 65 и 165 л. Бетоносмеситель имеет грушевидный смесительный барабан с приводом для его вращения, механизм ручного опрокидывания барабана (при разгрузке), крыльчатый дозатор воды, гидравлические весы для дозирования сухих компонентов в скипе, скиповый подъемник с индивидуальным приводом и шкаф для электроаппаратуры. Гравитационный способ применяют для приготовления пластичных бетонных смесей.

В установках цикличного действия с принудительным смешением приготовление бетонной смеси производят при вращающихся лопастях. При этом смесительный барабан либо вращается в противоположную сторону — противоточные бетоносмесители, либо остается неподвижным — турбинные бетоносмесители. В установках с принудительным смешением приготовляют как пластичные, так и жесткие бетонные смеси.

В смесительный барабан установки сначала заливают из дозировочного бачка 15...20 % воды, а затем загружают песок с щебнем и цемент. При перемешивании добавляют недостающее количество воды для получения необходимой подвижности и пластичности. После тщательного перемешивания бетонную смесь разгружают в приемный бункер, а из него — в бадьи и краном транспортируют к месту укладки.

В зависимости от объема бетона, укладываемого на данном объекте, подбирают техническую производительность (м³/ч) бетоносмесителя периодического действия

$$П = Vnk_{вых}k_{вр}/1000,$$

где V — емкость смесительного барабана, л; n — количество замесов, зам/ч, $n=3600/(t_1+t_2+t_3)$; t_1, t_2, t_3 — соответственно время загрузки, перемешивания компонентов и выгрузки бетонной смеси, с; $k_{вых}$ — коэффициент выхода бетона, т. е. отношение объема одного замеса к полезному объему барабана, $k_{вых} \approx 0{,}5....0{,}67$; $k_{вр}$ — коэффициент использования бетоносмесителя по времени ($k_{вр}=0{,}9...0{,}95$).

Продолжительность перемешивания определяют опытным путем в строительной лаборатории в зависимости от применяемых материалов, состава бетонной смеси, способа перемешивания и емкости смесительного барабана. Наименьшую продолжительность перемешивания в гравитационных смесителях цикличного действия с объемом готового замеса до 500 л и осадкой конуса 2...6 см принимают 60...75 с.

На строительных объектах используют полуавтоматизированные бетоносмесительные установки непрерывного действия, а также установки свободного падения составляющих бетона и периодического действия с барабанами на 100, 250 или 425 л производительностью соответственно 2,5; 6 и 9 м³/ч. При строительстве рассредоточенных объектов применяют механизированную бетоносмесительную установку С-932 производительностью 6 м³/ч. Дозаторы цемента, песка и щебня работают в полуавтоматическом режиме. Приготовление бетонной смеси ведут в зависимости от укладки ее в соответствующую конструкцию, т. е. с учетом необходимой осадки конуса и показателя жесткости, что предусматривается СНиП III-15—76, табл. 7.

8.18. Транспортирование бетонной смеси

Вопросы транспортирования бетонной смеси с завода на строительный объект были рассмотрены в гл. 2. В пределах строительной площадки транспортирование бетона к месту его укладки осуществляют в зависимости от объема работ, формы, размера и назначения здания или сооружения.

Наибольшее распространение получил способ подачи бетона на рабочее место в бадьях, поднимаемых краном (башенным или автомобильным). С учетом размера возводимой конструкции и объема укладываемого бетона в смену выбирают бадьи вместимостью 0,35...3 м³ (рис. 8.31, *а, б*). На разгрузочной площадке бадьи устанавливают в горизонтальном положении вплотную друг к другу и в таком количестве,

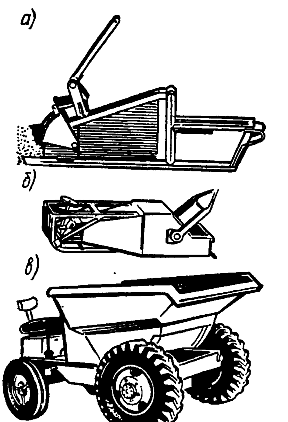


Рис. 8.31. Инвентарь для транспортировки и укладки бетонной смеси на объекте:

а — поворотная бадья с рычажно-шарнирным затвором $V = 0{,}8$ м³; *б* — то же, с винтовым затвором $V = 1...3$ м³; *в* — мототележка

чтобы общая их ширина была на 400...500 мм больше ширины кузова автосамосвала. Заполненные бетонной смесью бадьи поднимают краном в вертикальном положении к месту укладки бетона. На рабочем месте бетонщик открывает рычажный или винтовой затвор и тем самым регулирует количество выходящего из бадьи бетона. Поворачивая стрелу крана, бетонную смесь можно разгрузить в любую точку возводимой конструкции без последующей переброски бетона вручную. В этом и состоит основное достоинство транспортировки бетонной смеси в бадьях. В настоящее время начинают внедряться бадьи с дистанционным управлением по радио.

Для транспортировки небольшого объема бетона или раствора по этажам строящегося здания (особенно при наличии вышележащих перекрытий, а также в стесненных условиях строительной площадки) используют **мототележки** грузоподъемностью до 2,5 т (рис. 8.31, *в*).

Бетононасосы применяют для транспортирования большого объема бетона при строительстве опор мостов, эстакад, безбалочных пролетных строений, транспортных пересечений в разных уровнях, а также различных подземных сооружений: гаражей, коллекторов, устраиваемых щитовым способом с монолитной обделкой туннелей, пешеходных переходов и т. д. При этом с завода на строительный объект товарный бетон транспортируют автосамосвалами или бетонную смесь приготовляют на строительном объекте.

При строительстве, например, транспортного пересечения туннельного типа с безбалочным пролетным строением толщиной 660 мм бетононасос стационарного типа целесообразно размещать в готовой выемке, сделанной для улицы *ВГ* (рис. 8.32, *а, б*). В том месте, где производят разгрузку бетона из автосамосвала в бетононасос, вертикальную стенку выемки укрепляют временными металлическими сваями с забиркой из досок. Бетонная смесь из автосамосвала *1* разгружается в вибробункер *2*, а оттуда поступает в загрузочный бункер *4* бетононасоса *3*. Бетонопровод *5* монтируется из отдельных секций металлических труб с внутренним диаметром 140, 219 и 233 мм. Укладывают его на металлических опорах-стойках, позволяющих менять высоту положения бетонопровода от 1 до 1,8 м. На конце бетонопровода для распределения укладки бетона на большей площади имеется желоб *6*.

Схема работы бетононасоса в момент нагнетания бетонной смеси показана на рис. 8.32, *в*. Бетонопровод монтируют из стальных труб длиной 3022 мм и набора различных колен, изогнутых под углом 90°, 45°, 22°30′ и 11°15′. Прямые звенья труб соединяют друг с другом с помощью быстродействующего рычажного приспособления. Производительность (м^3/ч) бетононасоса

$$П = 60 A l n k_з,$$

где A — площадь сечения поршня, м^2; l — длина хода поршня, м; n — количество рабочих циклов (равное количеству оборотов коленчатого вала), цикл/мин; $k_з$ — коэффициент заполнения рабочей камеры смесью, $k_з = 0{,}6...0{,}9$.

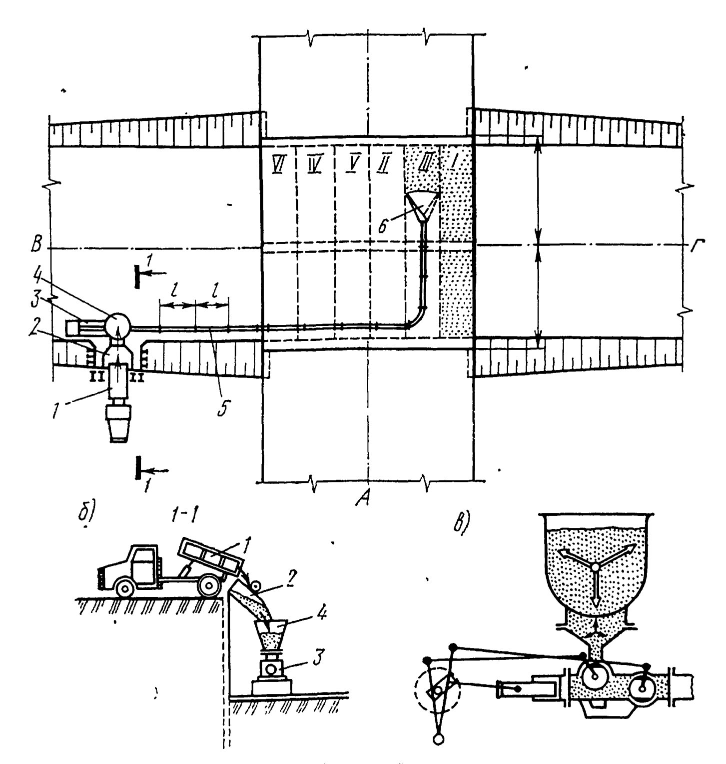


Рис. 8.32. Транспортировка бетонной смеси с помощью стационарного бетононасоса

Наша промышленность выпускает бетононасосы производительностью 10, 20 и 40 м³/ч. Первые два типа бетононасосов транспортируют бетонную смесь по горизонтали на расстояние 250 м и вертикали на 40 м. У бетононасоса С-284А дальность подачи бетона по горизонтали равна 220 м, а вертикали — 10 м. Подъем бетонной смеси на высоту 1 м эквивалентен 8 м горизонтального перемещения.

Бетонная смесь, подлежащая перекачиванию бетононасосом, должна обладать минимальным сопротивлением трению, что зависит от гранулометрического состава заполнителей, расхода цемента, водоцементного отношения и пластичности бетона. Этому требованию лучшим образом удовлетворяют смеси с содержанием песка крупностью до 7 мм — 30...35 %, гравия или щебня крупностью до 70 мм — 65...70 %, с водоцементным соотношением 0,5...0,6, с осадкой конуса 5...8 см.

Чтобы уменьшить силу трения и исключить образование пробок, в начальный период работы бетононасоса вводят в бетоновод пусковой бетон, т. е. цементный раствор состава 1:3 с осадкой конуса 10...12 см в объеме 0,3...0,4 м³ или 30...40 л жирного известкового молока на 100 м бетоновода. В случае вынужденных переры-

вов в работе (20...60 мин) необходимо через каждые 10 мин прокачивать бетонную смесь по системе в течение 10...15 с на малых режимах работы бетононасоса. При больших перерывах в работе бетоновод должен быть очищен и промыт. Для этого в первое звено закладывают пыж из мешковины или специальный банник (небольшой стержень с двумя манжетами на концах), который под давлением воды или воздуха проталкивается по всей длине бетоновода.

Для уменьшения трудозатрат, связанных с установкой и перестановкой стационарных бетононасосов и бетоноводов на строительных объектах, целесообразно применять автобетононасосы АБН-60, СБ-126 и др., смонтированные на базе автомобилей.

Все возрастающие объемы возведения монолитных конструкций требуют применения более совершенных бетононасосов, обладающих высокой производительностью и способностью транспортировать бетонную смесь на большее расстояние и высоту. Этим требованиям удовлетворяют двухцилиндровые бетононасосы с гидравлическим приводом и со складывающейся поворотной стрелой, позволяющей подавать бетонную смесь в любую точку возводимого сооружения. Бетононасос СБ-95А производительностью 25 м³/ч используется как стационарная установка (рис. 8.33, *а*) и как мобильная, смонтированная на базе прицепа (рис. 8.33, *б*) или автомобилей. Применяя эту установку со стрелой, на которой размещен трубопровод диаметром 123 мм, можно перемещать бетонную смесь по горизонтали до 19 м и вертикали до 21 м, а по инвентарному бетоноводу диаметром 150 мм дальность транспортировки увеличивается по горизонтали до 250 м и вертикали до 50 м. Автобетононасос БН-80-20 производительностью 65 м³/ч, смонтированный на базе автомобиля КрАЗ-257, может работать с распределительной стрелой и как насос с инвентарным бетоноводом, подающим бетонную смесь по горизонтали на расстояние до 400 м и вертикали на 80 м.

Двухцилиндровый бетононасос с гидравлическим приводом (рис. 8.33, *в*) имеет два поршня, которые движутся синхронно в противоположных направлениях. В тот период, когда поршень *2* засасывает бетонную смесь, поршень *1* ее сжимает и выталкивает в бетоновод *4*. В соотвествии с движением поршней *1* и *2* в нужный момент вертикальная заслонка *5* и горизонтальная *6* перекрывают соответственно нагнетательное и впускное отверстия бетонотранспортных цилиндров *3*. На рис. 8.33, *г* показан следующий такт нагнетания бетонной смеси в бетоновод, т. е. 1-й поршень всасывает, а 2-й — нагнетает ее.

Распределительная стрела автобетононасоса состоит из трех шарнирно сочлененных частей, приводимых в движение гидравлическими цилиндрами. С их помощью стрела может принимать самые различные положения (рис. 8.33, *е*), подавая бетонную смесь по горизонтали до 24,5 м, по вертикали — 28 и ниже уровня стоянки — 17 м. Для обеспечения нормальной работы бетононасоса со складывающейся распределительной стрелой бетонная смесь

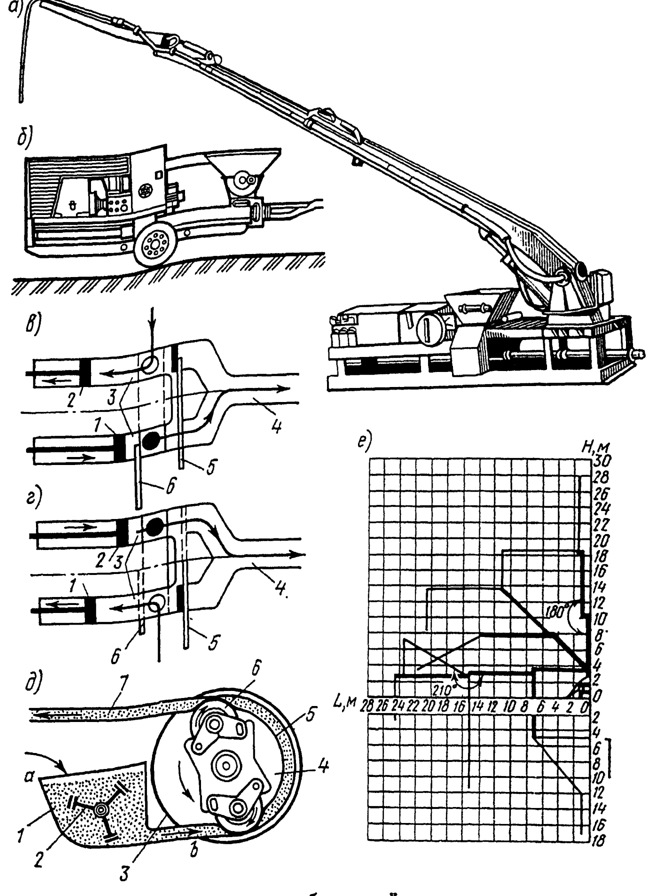


Рис. 8.33. Транспортировка бетонной смеси с помощью передвижных бетононасосов (прицепных и автобетононасосов)

должна иметь осадку конуса не менее 6 см, а крупность щебня не более 40 мм. Перемещение складывающейся распределительной стрелы производится из пульта управления, расположенного в ее опоре.

Наряду с двухцилиндровыми бетононасосами в зарубежной практике применяют роторные насосы (ФРГ, рис. 8.33,*д*). Бетонная смесь из автобетоносмесителей разгружается в приемный бункер *1*, в котором перемешивается вращающимися лопастями *2* (во избежание расслоения бетона). В закрытом цилиндре *3* вращается ротор *4* с нажимными роликами *6*. За счет создаваемого вакуума и подпора (разности уровней между точками *а* и *в*) бетонная смесь непрерывно поступает в нижнюю часть гибкого бетоновода, по которому прокатываются нажимные ролики *6*, выжимающие очеред-

ную порцию бетонной смеси *5* и направляющие ее под давлением в материальный бетоновод *7*.

При строительстве высотных зданий и сооружений в ФРГ применяются бетононасосы высокого давления. Так, при возведении железобетонной телевизионной антенны высотой 331 м во Франкфурте-на-Майне использовали бетононасос типа «Слон», который подавал бетонную смесь на высоту до 176,5 м.

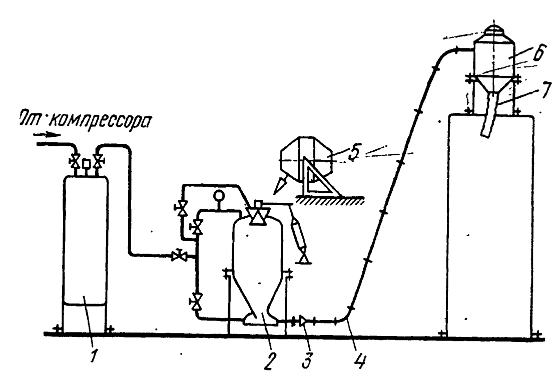


Рис. 8.34. Схема расположения оборудования пневматического транспортирования бетонной смеси

Достоинство бетононасосов: достигается непрерывное перекачивание бетонной смеси с сохранением ее однородности; можно укладывать бетонную смесь в стесненных условиях, в любую точку возводимого здания и без применения дорогостоящих кранов; компактное и мобильное оборудование передвижных бетононасосных установок не требует каких-либо подготовительных работ. Недостатки: в стационарных установках ограниченный радиус укладки бетонной смеси; невозможно регулировать количество подаваемого бетона по мере его потребления; перекачивание бетонной смеси необходимо вести непрерывно, а при больших перерывах в работе бетоновод очищать от смеси.

Пневматический транспорт бетонной смеси осуществляют в специальных установках с использованием энергии сжатого воздуха. При этом способе бетон по трубам движется небольшими порциями, разделенными прослойками сжатого воздуха. Бетонная смесь, приготовленная в бетоносмесителе *5* (рис. 8.34), загружается в пневмонагнетатель *2*, в который подается сжатый воздух от компрессора *1*. При открывании затвора *3* бетонная смесь по бетоноводу *4* попадает в гаситель *6*, в котором сжатый воздух выходит в атмосферу через жалюзи, а бетонная смесь по резинотканевому рукаву *7* поступает к месту укладки.

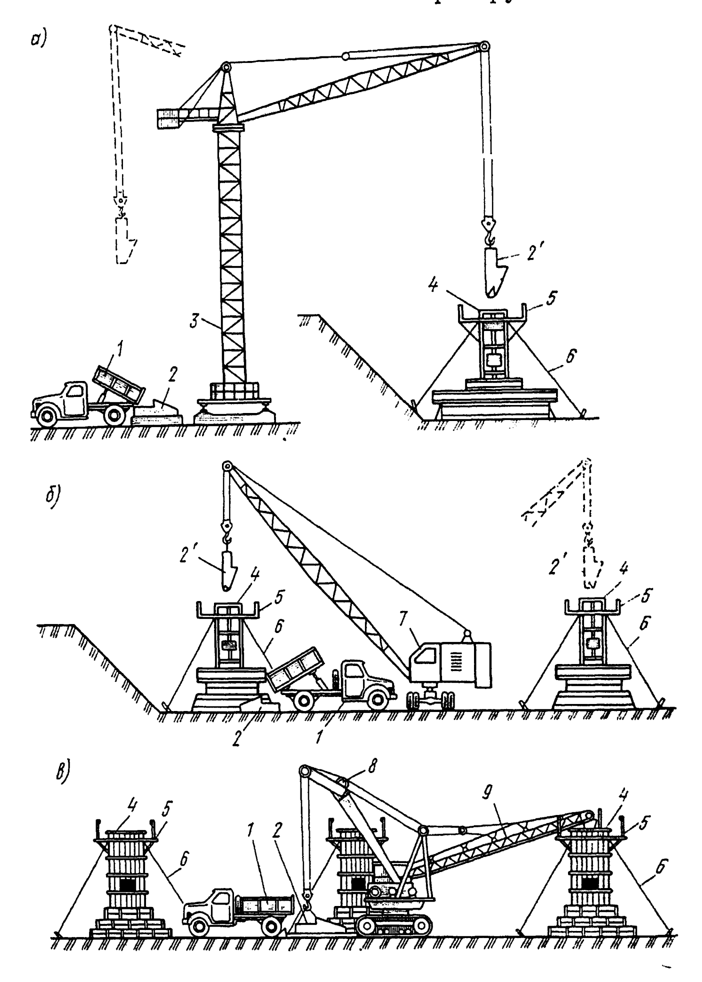
С помощью кранов осуществляют укладку бетонной смеси при устройстве фундаментов и особенно в нешироких выемках, когда башенный кран может быть в последующем использован для строительства надземной части здания. К строящемуся объекту бетонную смесь транспортируют автосамосвалами *1* (рис. 8.35, *а*), разгружают в бадью *2* и башенным краном *3* подают к месту укладки (фундаменты, колонны *4* и т. д.).

При недостаточном вылете стрелы башенного крана в широкой выемке для укладки бетона в короб колонны *4* (рис. 8.35, *б*) используют автомобильный кран или кран на пневмоколесном ходу *7*,

который перемещается внизу котлована. Устойчивость опалубки обеспечивается расчалками *6*. Для удобства уплотнения бетонной смеси в верхней части короба колонны *4* устраивают рабочую площадку *5*.

Бетоноукладчик *8* применяют для непрерывной укладки бетона в опоры мостов, эстакад или другие конструкции большого объема с транспортером *9* (рис. 8.35, *в*). Бетонную смесь с завода на объект строительства транспортируют автосамосвалами *1* и разгружают в бадью *2*, а из нее бетонная смесь попадает в приемный бункер бетоноукладчика и по транспортерной ленте *9* подается в конструкцию.

Для этих же целей используются бетоноукладчик *10* с раздвижными стрелами *11* конструкции ЦНИИОМТП (рис. 8.35, *г*) и ленточный бетоноукладчик СБ-131 на базе трактора Т-130 (рис. 8.35, *д*). Из автосамосвала *1* бетонная смесь разгружается в поворотную



бадью *12*, а из нее — в приемный бункер бетоноукладчика *13*. По транспортерной ленте *14* бетонная смесь попадает в звеньевой хобот *15* (исключающий расслоение бетонной смеси), а из него по лотку *16* — в возводимую конструкцию. При небольшой толщине подпорной стенки с большим количеством арматуры укладку бетона необходимо вести поярусно, снизу вверх. По окончании бетонирования на 1-м ярусе высотой 1,5...2 м устанавливают опалубку с внутренней стороны стены на 2-м ярусе и работы продолжают до окончания укладки бетона на 2-м, а затем на 3-м ярусе. Подачу бетона на 1-й и 2-й ярусы осуществляют звеньевым хоботом, расположённым сбоку стены с разгрузкой бетона в приемный лоток *16*. Для удобства уплотнения бетонной смеси на каждом ярусе сбоку возводимой стены устанавливают рабочие площадки. При устройстве армированных конструкций во избежание расслоения бетонной смеси высота ее свободного падения не должна быть более 2 м, при укладке в перекрытие — 1 м, а в опалубку колонн со сторонами 0,4...0,8 м без перекрещивающихся хомутов арматуры — не более

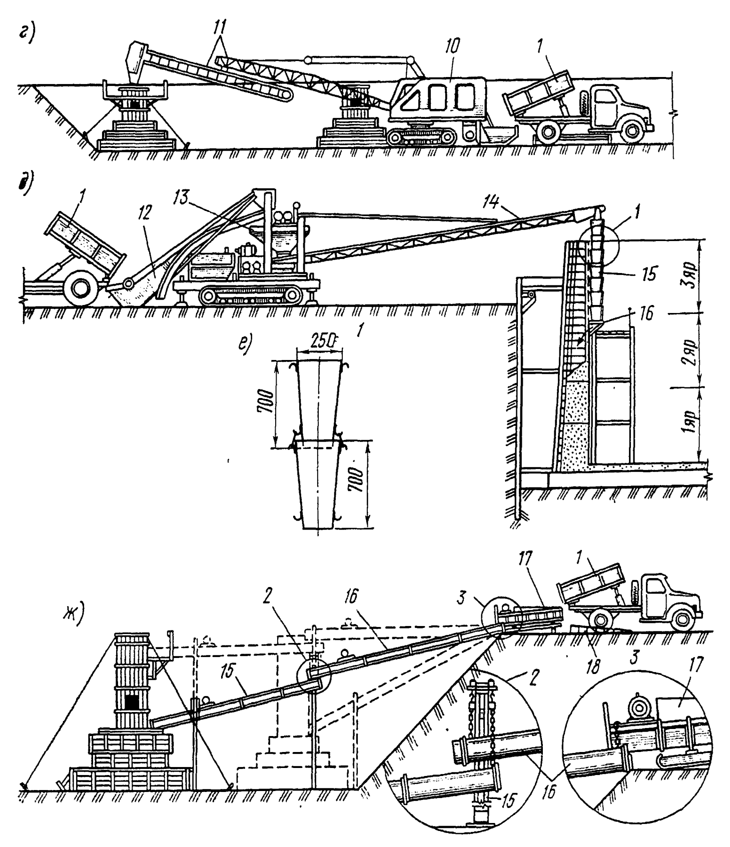


Рис. 8.35. Технология транспортирования и укладки бетона в конструкции различными механизмами

5 м. При большей высоте необходимо применять желоба, виброжелоба, лотки или вертикальные хоботы. Спуск бетонной смеси с высоты более 10 м осуществляют по звеньевым виброхоботам, снабженным промежуточными и нижними гасителями скорости. Звеньевой хобот (рис. 8.35, *е*) состоит из отдельных звеньев длиной 700...750 мм, сечением сверху 250×250 мм. Благодаря сужению книзу одно звено входит в другое и с помощью крюков навешивается на вышерасположенное звено. В подземном строительстве для подачи бетонной смеси на глубину 40...80 мм применяют виброхоботы с внутренним диаметром 300 и 350 мм. В верхней части виброхобот подвешивают к опоре, а нижний конец висит свободно. При необходимости укладки бетонной смеси на большей площади конец виброхобота можно отклонять от вертикали на 0,25 м на каждый метр его высоты.

К месту укладки бетонную смесь можно подавать с помощью виброжелобов *15*, *16* (рис. 8.35, *ж*). Автосамосвалы *1* разгружают бетон в вибропитатель *17*, из которого он поступает в виброжелоб, состоящий из отдельных металлических звеньев, на конце которого закреплен тисковый вибратор. Недостаток последнего способа состоит в том, что после укладки бетонной смеси на одной позиции требуется разбрасывать ее вручную по площади основания, а затем краном переставлять на новую позицию вибропитатель *17*, виброжелоб *15*, *16* и разгрузочную площадку *18*.

8.19. Укладка бетонной смеси

Порядок и правила укладки бетонной смеси зависят от вида конструкции, ее размеров, формы и места расположения.

При устройстве бетонной подготовки подземных сооружений (коллекторов, пешеходных переходов, гаражей) или плавательных бассейнов бетонную смесь укладывают полосами шириной 3...4 м. Количество полос зависит от ширины сооружения и длины виброрейки. В нешироких подземных коллекторах бетонную подготовку устраивают по всей их ширине с односторонней подачей бетона в поворотных бадьях автомобильным краном. При устройстве бетонной подготовки в широких и неглубоких выемках с плотным и сухим грунтом автосамосвалы могут заезжать в котлован и разгружать бетонную смесь непосредственно на место ее укладки.

Для обеспечения бетонной подготовки проектной толщины и продольного уклона по границе первой полосы по нивелиру устанавливают опалубку, которая одновременно служит и направляющей для виброрейки. Чтобы не устанавливать опалубку для каждой полосы и устранить температурные деформации, укладку бетонной смеси производят через полосу, начиная с наиболее отдаленных полос от крана (рис. 8.36). После того как будет снята опалубка на I и II полосах, укладку бетонной смеси осуществляют на III и IV полосах в плоскости ранее уложенного и затвердевшего бетона.

Перед укладкой бетонной смеси в каркасы зданий и сооружений необходимо: очистить короба колонн, балок, прогонов от мусора, а

арматуру — от отслаивающейся ржавчины; прилегающие к бетону поверхности опалубки увлажнить, а незакрывшиеся (после увлажнения) в деревянной опалубке щели заделать; при перерывах в работе поверхности ранее уложенного бетона и сборно-монолитные конструкции очистить стальной щеткой от цементной пленки, грязи и промыть водой; составить акт на скрытые работы.

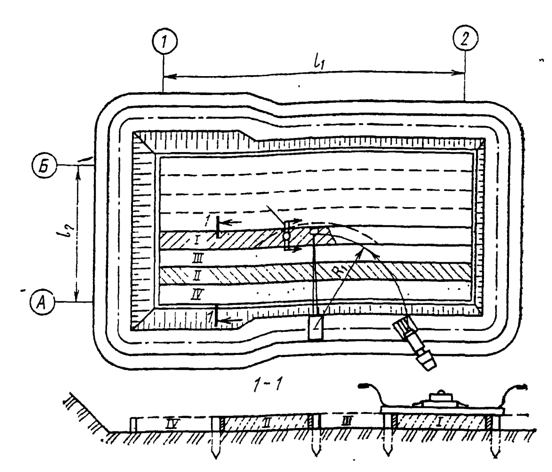


Рис. 8.36. Порядок укладки бетонной смеси при устройстве бетонной подготовки и железобетонного днища плавательного бассейна

Для обеспечения необходимой толщины защитного слоя к арматурным стержням *2* закрепляют бетонные прокладки или универсальные пластмассовые фиксаторы *1* (рис. 8.37, *а*). Они применимы для арматуры d=6...36 мм и создают защитный слой толщиной 15... 30 мм. Эти фиксаторы необходимо привязывать к стержням вязальной проволокой, что требует дополнительных затрат труда. Этот недостаток устранен в пластмассовых фиксаторах *1*, применяемых в ГДР (рис. 8.37, *б*). Они обладают необходимой устойчивостью, верхняя их часть разгибается, надевается на арматурный стержень *2* и прочно удерживается на нем. Изготовляют фиксаторы различного цвета (белые, красные, зеленые, желтые, синие), что позволяет легко разбирать их для различных диаметров стержней и толщин защитного слоя.

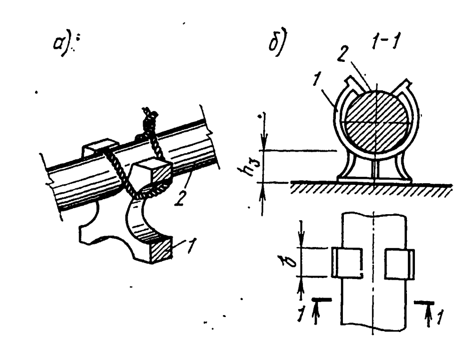


Рис. 8.37. Фиксаторы для обеспечения заданной толщины защитного слоя

Для изготовления различных монолитных железобетонных конструкций необходимо применять соответствующую бетонную смесь, которая должна иметь подвижность, указанную в табл. 7 СНиП III-15—76. По мере укладки бетонной смеси необходимо вести журнал работ с указанием: даты начала и окончания бетонирования, марки бетона, его состава, подвижности, температуры наружного воздуха и бетона в момент его укладки, а также даты изготовления

контрольных образцов, их количество (с указанием места конструкции и поставщика бетонной смеси) и результатов испытаний.

Без перерыва должны бетонироваться колонны участками высотой не более 5 м с уплотнением бетонной смеси внутренними вибраторами; стены и перегородки участками высотой не более 3 м. В колоннах со стороной сечения менее 400 мм и в колонне любых размеров с перекрещивающимися хомутами, а также в стенах и перегородках толщиной менее 150 мм укладку бетонной смеси необходимо производить без перерыва участками высотой не более 2 м. Дальнейшее бетонирование на следующем по высоте участке колонны или стены разрешается лишь после устройства рабочих швов. В опалубку стен, возводимых из крупнопористого бетона, смесь укладывают слоями высотой не более 30 см с уплотнением ее наружным вибратором или с легким трамбованием или штыкованием. Чтобы исключить образование в нижней части колонны раковистого бетона со скоплением крупного заполнителя, до укладки бетонной смеси в короб колонны необходимо уложить цементный раствор состава 1 : 2 или 1 : 3 на высоту 100...2000 мм.

Если железобетонные колонны и стены монолитно связаны с балками и плитами перекрытия, то бетонирование последних производят через 1...2 ч после укладки бетона в колонны и стены, т. е. после окончания первоначальной осадки бетонной смеси в вертикальных конструкциях. В опалубку балок и плит перекрытий бетонную смесь необходимо укладывать одновременно. При большом объеме работ и высоте балок (прогонов) более 800 м разрешается бетонировать балки отдельно от плит перекрытий. Рабочий шов в таких балках устраивают на 20...30 мм ниже уровня нижней плоскости плиты.

Перерывы в бетонировании (например, междусменные) требуют устройства рабочих швов. В зависимости от назначения конструкций и условий укладки бетона рабочие швы необходимо устраивать: в колоннах — на уровне верха фундамента *I—I*, у низа прогонов и балок *II—II* (рис. 8.38, *а*); у низа подкрановых консолей *II—II;* у верха подкрановых балок *III—III* (рис. 8.38, *б*); у низа капителей колонн безбалочных перекрытий *II—II* (рис. 8.38, *в*) и у низа или верха вута между стойками и ригелями рам *I—I* (рис. 8.38, *г*). При бетонировании плоских плит, опертых по контуру, рабочий шов устраивают в любом месте параллельно меньшей стороне плиты. При бетонировании ребристых перекрытий в направлении, параллельном второстепенным балкам (по стрелке *а—б*, рис. 8.38, *д*), а также отдельных балок рабочий шов делают в пределах средней трети ее пролета, при бетонировании в направлении, параллельном главным балкам (по стрелке *в—г*),— в пределах двух средних четвертей пролета прогонов и плит. В балках и колоннах поверхности рабочих швов должны быть перпендикулярны их продольной оси, а в плитах и стенах — перпендикулярны их наружной плоскости.

Укладку бетонной смеси в своды пролетом менее 15 м, но большой протяженности производят отдельными участками по его

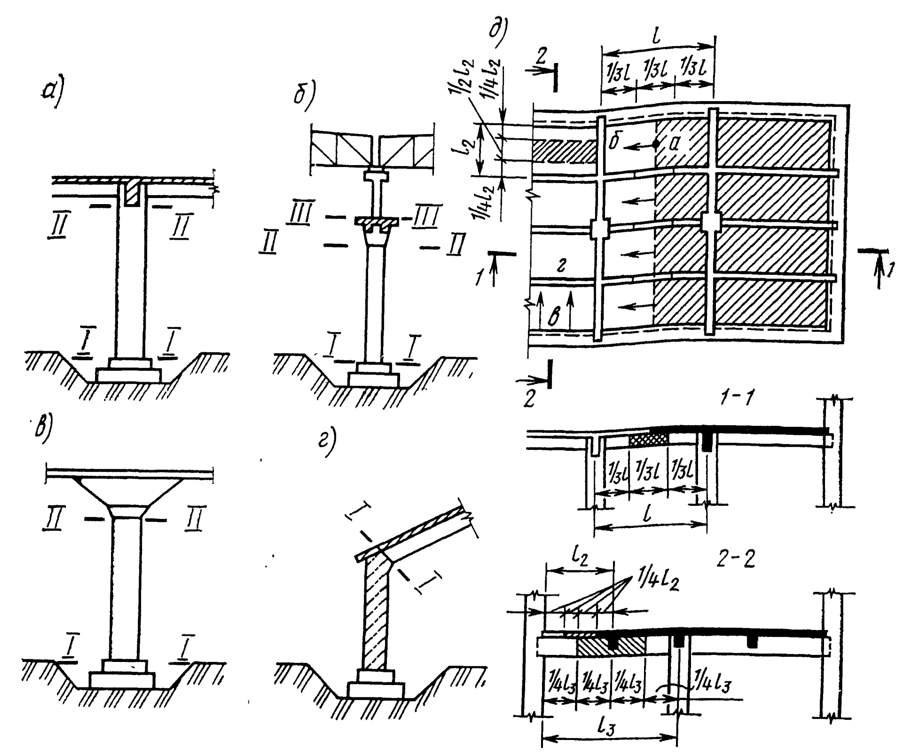


Рис. 8.38. Расположение рабочих швов при бетонировании монолитных железобетонных конструкций

длине, разделенными друг от друга рабочими швами. На каждом участке для сохранения проектной формы опалубки бетон укладывают симметрично (с двух сторон) от пят к замку. В массивные своды и арки пролетом более 20 м бетон кладут отдельными полосами, параллельно продольной его оси и симметрично относительно шелыги свода. Плоскости рабочих швов, ограничивающих полосы бетонирования, должны быть перпендикулярны поверхности свода. Ширину полос и промежутков между ними устанавливают в соответствии с проектом производства работ. Через 5...7 дн после окончания бетонирования полос производят укладку малоподвижной бетонной смеси в промежутки между полосами. После длительных перерывов в работе укладка бетонной смеси на затвердевший бетон разрешается после обработки поверхности рабочего шва и когда прочность бетона в подстилающем слое достигнет не менее 1,5 МПа.

Бетонирование предварительно напряженных железобетонных конструкций ведут без перерывов в работе.

8.20. Уплотнение бетонной смеси

На качество и прочность бетона большое влияние оказывает степень его уплотнения с использованием вибрирования, центрифугирования, прессования и резонансных виброуплотняющих агрегатов (шок-столы). В городском строительстве при устройстве монолитных конструкций для уплотнения бетонной смеси применяют в основном способ вибрирования.

В зависимости от способа передачи колебаний бетону вибраторы бывают *внутренние* или глубинные, поверхностные, наружные (через опалубку) и станковые, применяемые на заводах железобетонных изделий. По роду привода и используемой энергии различают вибраторы электрические с дебалансным валом и планетарные, электромагнитные, пневматические планетарные и поршневые. Наиболее распространены электромеханические вибраторы. При вибрационном способе бетонной смеси передаются частые колебания переменного направления, под воздействием которых трение и сцепление между частицами бетона значительно уменьшаются, и они занимают оптимальное положение (с минимумом пустот). Для лучшего уплотнения бетонной смеси заданного состава необходимо установить рациональный режим вибрирования с определением скорости колебаний v при заданной амплитуде A и частоте колебаний n по формуле $v=0{,}105An$.

Амплитуду колебаний принимают с учетом массы среднего размера частиц бетонной смеси и ее подвижности, т. е. для малоподвижных смесей с крупными частицами заполнителя амплитуда колебаний должна быть больше, чем для подвижных смесей с мелкими заполнителями. При уплотнении бетонной смеси глубинными вибраторами в массивных конструкциях амплитуда колебаний принимается 1...1,7 мм, а более подвижной смеси с мелкими фракциями щебня — 0,18...1,25 мм. Бетон, уплотненный вибрацией, приобретает бо́льшую однородность, плотность и лучшую сопротивляемость атмосферным воздействиям.

Для уплотнения бетонной смеси в фундаментах, стенах, колоннах, балках и прогонах (среднеармированных) применяют ручной глубинный вибратор (рис. 8.39, *а*). Состоит он из цилиндрического рабочего корпуса *1*, штанги *2* или резинотканевого шланга, амортизатора *3*, выключателя *4*, питающего кабеля *5* и рукоятки *6*. Внутри рабочего корпуса располагается трехфазный электродвигатель с дебалансным валом, который и создает колебания. Наша промышленность выпускает ручные глубинные вибраторы с размерами рабочей части: диаметром до 110 мм, длиной 360...525 мм, с частотой 2500...5700 кол/мин и амплитудой колебаний нижней части (в воздухе) 1,1...1,4 мм. Глубинными вибраторами нельзя касаться рабочей арматуры и через нее передавать колебания бетонной смеси (во избежание снижения сцепления бетона с арматурой). При глубинном способе уплотнения бетонная смесь укладывается слоями толщиной не более 1,25 длины рабочей части вибратора с уплотнением бетона на одной пози-

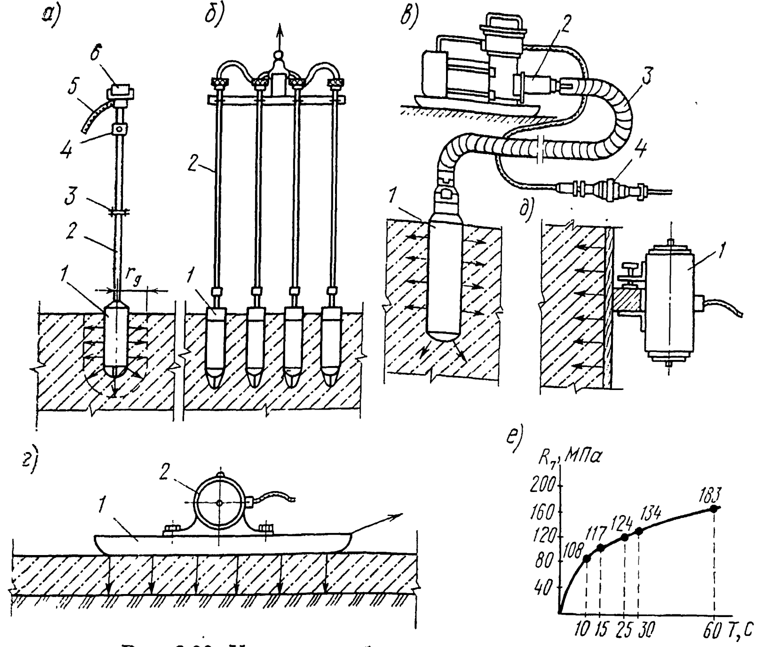


Рис. 8.39. Уплотнение бетонной смеси вибраторами

ции 20...35 с (в зависимости от подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси). Шаг перестановки вибратора — не более 1,5 радиуса его действия. Наконечник вибратора не должен доходить до ранее уложенного (схватившегося) слоя бетона.

Для уплотнения бетонной смеси в массивных конструкциях применяют вибропакеты, состоящие из глубинных вибраторов, подвешенных к траверсе крана. Один из них показан на рис. 8.39, *б* и состоит из четырех глубинных вибраторов с общей массой 1150 кг.

Уплотнение бетонной смеси в железобетонных густоармированных конструкциях небольшой толщины (стенах, перегородках, балках и др.) осуществляется вибраторами с гибким валом (рис. 8.39, *в*). Он состоит из сменного вибронаконечника *1*, резинового или бронированного гибкого вала *3*, электродвигателя *2* и питающего кабеля со штепсельным соединением *4*. Наша промышленность выпускает глубинные вибраторы с гибким валом, частотой 10 000... 20 000 кол/мин, с тремя сменными вибронаконечниками диаметром 28...75 мм, длиной 380...440 мм. Для уплотнения бетонной смеси в конструкциях с большим насыщением арматуры применяют сменные вибронаконечники длиной 250...300 мм, диаметром 20 мм, которые присоединяются к корпусу основного вибронаконечника. При замоноличивании колонн и сборных элементов подпорной стенки тоннелей в фундаментах стаканного типа к основному корпусу вибронаконечника прикрепляют плоский вибронаконечник.

Для уплотнения бетонной смеси в плоских бетонных и железобетонных конструкциях (основания для дорог, тротуаров, бетонная подготовка под полы, плиты перекрытий и покрытий и т. д.) используют поверхностный вибратор *2* (рис. 8.39, *г*), закрепленный на плите-поддоне *1*. По окончании уплотнения на одной позиции вибратор переставляют на новое место с перекрытием прежней полосы уплотненного бетона на 100...200 мм. Внешним признаком достаточной степени уплотнения бетонной смеси является прекращение ее осадки с выделением пузырьков воздуха и появлением на поверхности цементного молока. Дальнейшее вибрирование является нецелесообразным, так как может произойти расслоение бетона с ухудшением его структурного состава (щебень как более тяжелая часть бетонной смеси опустится вниз конструкции, а цементное молоко поднимется на ее поверхность). При поверхностном вибрировании бетонная смесь укладывается слоем до 250 мм в неармированных конструкциях и с одиночной арматурой, а в конструкциях с двойной арматурой — слоем до 150 мм.

Уплотнение бетонной смеси при устройстве оснований под сооружения производят виброрейками длиной 2...4 м. Основанием виброрейки (вибробруса) является двутавровая балка или решетчатая уголковая рама, сверху которой закреплен один или два вибратора.

На рис. 8.39, *д* показан способ уплотнения бетонной смеси наружным вибратором *1*, который прикрепляется к элементам опалубки и через нее передает колебания бетону. Время вибрирования на одной позиции 60 с и более. Применяют этот способ при уплотнении бетона в колоннах с перекрещивающимися хомутами, затрудняющими использование глубинного вибратора.

Время уплотнения оказывает решающее влияние на прочность бетона, твердеющего в нормальной температурно-влажностной среде (рис. 8.39, *е*). Прочность бетона через 7 сут после его укладки с уплотнением в течение 60 с на 70 % больше прочности того же бетона, но уплотненного за 10 с.

8.21. Вакуумирование бетонной смеси

Для получения железобетонных конструкций с прочной, водонепроницаемой и морозостойкой поверхностью после укладки бетонной смеси применяют вакуумирование и вибровакуумирование. Такие требования предъявляются к железобетонным покрытиям городских улиц и особенно в местах остановок массового пассажирского транспорта и перед «стоп»-линиями, где возникают дополнительные горизонтальные усилия при торможении и трогании с места транспортных средств.

Вакуумирование применяют при строительстве цилиндрических сводов, когда необходимо ускорить процесс твердения бетона, а также в тонкостенных элементах сооружений, насыщенных арматурой. Использовать в таких конструкциях жесткие и полу-

жесткие бетонные смеси затруднительно по условиям производства работ. Для обеспечения необходимой удобоукладываемости в бетонную смесь приходится добавлять на 15...20 % больше воды, чем это требуется для нормального процесса гидратации цемента. Если оставить эту воду в бетоне после его укладки, то в конструкции образуются дополнительные поры, снижающие ее прочность, морозостойкость и водонепроницаемость. Поэтому после укладки бетонной смеси не позднее чем через 15 мин производят вакуумирование, для чего с помощью вакуум-щитов над поверхностью уложенного бетона создают вакуум, под воздействием которого удаляются воздух и избыточная вода, все поры заполняются компонентами бетона и последний уплотняется. Конечная прочность вакуумированного бетона на 20...25 % больше, чем у обычного бетона. Вакуумирование повышает морозостойкость бетона и его сцепление с арматурой, уменьшает усадку, ускоряет твердение и снятие опалубки.

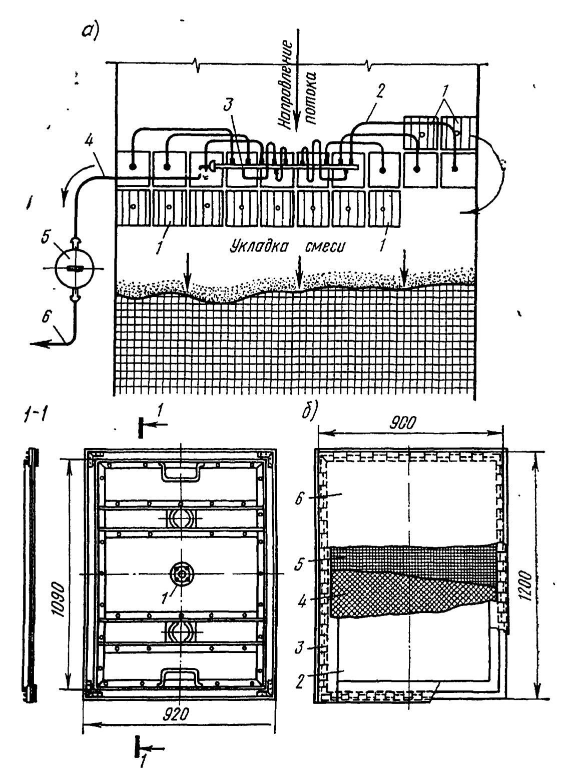


Рис. 8.40. Технология вакуумирования свежеуложенного бетона в плоских конструкциях

Вакуумирование осуществляют с помощью комплекта вакуум-щитов *1*, укладываемых на поверхность свежеуложенного бетона (рис. 8.40, *а*). Передвижная вакуум-установка С-253 может обслуживать до 20 вакуум-щитов, а С-307 — до 40. Первая установка при обработке бетонного слоя толщиной до 10 см имеет сменную производительность до 600 м², а вторая — до 1000 м². Из полости вакуумных щитов воздух и вода удаляются по всасывающим шлангам *2*, затем попадают в коллектор *3*, а из него по магистральной линии *4* поступают в водосборник *5*. Воздух по шлангу *6* направляется к вакуум-установке, смонтированной на автоприцепе.

Вакуум-щит изготовляют из листа стеклопластика или водостойкой фанеры *2* (рис. 8.40, *б*), к которому прикреплена первая

сетка *4* (сплетенная из проволоки $d=1,2$ мм с ячейками 6×6 мм). На нее укладывается вторая сетка *5* с более мелкими ячейками 1×1 мм и сверху (со стороны бетона) натягивается фильтрующая ткань *6*. Для большей герметизации щита по его периметру закрепляют резиновую прокладку *3*. Щит имеет патрубок *1* для присоединения его к резиновому шлангу. Степень разряжения в полости щита зависит от его размера и принимается для крупных вакуум-щитов не менее 0,047 МПа, а для мелких — не менее 0,067 МПа. Время вакуумирования зависит от степени разряжения в вакуум-полости, толщины уложенного слоя бетонной смеси, марки бетона, его подвижности и температуры. При разряжении, например, 0,067 МПа для бетона М50...М200 с подвижностью 4...6 см, температуре смеси 18...25 °С и толщине слоя бетона 10, 20 и 30 см время вакуумирования принимается соответственно 9, 26 и 54 мин.

По предложению ЦНИИЭПЖилища для удаления избыточной воды из бетона (с осадкой конуса 6...18 см) применяют электроосмотическую обработку бетона. Сущность этого способа состоит в том, что под действием постоянного тока вода перемещается в капиллярах от анода к катоду. При вертикальном формировании железобетонных изделий в качестве анода используют изолированный арматурный каркас, а катода — форму. При горизонтальном формировании анодом может быть специальный металлический щит, укладываемый на поверхность свежеотформованного изделия. Вода из формы удаляется через имеющиеся неплотности. Продолжительность электроосмотической обработки бетона зависит от его состава, толщины конструкции и принимается 15...25 мин при напряжении 2...10 В на сантиметр расстояния между электродами (анодом и катодом).

Достоинство — вода более равномерно удаляется по всему сечению конструкции, вследствие чего повышаются прочность, морозостойкость (на 25 %) и влагонепроницаемость бетона. Значительно снижается сцепление бетона с формой, которую не нужно ни очищать, ни смазывать специальными составами.

8.22. Уход за бетоном. Контроль качества бетона

Для твердения бетона в заданном темпе без значительных температурно-усадочных деформаций должен быть создан соответствующий температурно-влажностный режим. Поэтому в летних условиях открытые поверхности бетона следует предохранять от вредного воздействия ветра и прямых солнечных лучей, покрывая их влагоемкими материалами (песком, опилками, мешковиной и т. д.). Частота поливки влагоемкого материала и поверхности неснятой опалубки зависит от климатических условий. Открытые поверхности бетона в сухую погоду должны все время находиться во влажном состоянии, пока бетон не будет иметь 70 % проектной прочности. Поливка производится не позднее чем через 10...12 ч, а в жаркую и ветреную погоду — через 6...8 ч после укладки бетонной смеси.

Поверхности конструкций, на которые в последующем не будет укладываться бетон или раствор, покрывают защитными пленками или специальными пленкообразующими составами (битумной или дегтевой эмульсией, синтетическим латексом и лаком этинолем). Для уменьшения нагрева поверхности конструкций в районах с жарким и сухим климатом необходимо применять пленки и пленкообразующие составы светлых тонов (помароль ПМ-86).

Движение людей, а также установка лесов и опалубки на бетонное основание разрешается, когда бетон будет иметь прочность не менее 1,5 МПа, а движение автотранспорта и бетоноукладочных машин — по достижении бетоном прочности в соответствии с проектом производства работ.

Время снятия опалубки определяют в зависимости от назначения железобетонной конструкции, условий твердения бетона и характера работы элемента опалубки. В балках и прогонах, например, боковые щиты опалубки, не воспринимающие вертикальную нагрузку, снимают по достижении бетоном прочности, при которой не происходит повреждения поверхности и кромок углов конструкции. Элементы несущей опалубки снимаются: после достижения бетоном 100 % проектной прочности в тех конструкциях, которые воспринимают более 70 % нормативной нагрузки; 80 % — от R_{28} в конструкциях, воспринимающих менее 70 % нормативной нагрузки; в несущих конструкциях пролетом до 6 м и плитах пролетом до 3 м, воспринимающих менее 70 % нормативной нагрузки — по достижении бетоном 70 % проектной прочности; в конструкциях, армированных несущими сварными каркасами — когда бетон приобретает 25 % проектной прочности. После снятия опалубки конструкции могут быть загружены полной расчетной нагрузкой лишь после того, когда бетон будет иметь проектную прочность.

В период укладки и твердения бетона осуществляют контроль за его качеством, т. е. устанавливают соответствие фактической прочности бетона в конструкции с проектной. Для этого проводят испытания образцов бетона на сжатие, а бетон для дорожного строительства испытывают на растяжение при изгибе. При укладке бетона в каждую группу конструкций ежедневно необходимо отбирать не менее двух проб бетона каждого состава, твердеющего в условиях, аналогичных условиям твердения бетона в конструкциях.

8.23. Торкретирование

При устройстве обделки в тоннелях и подземных коллекторах, изготовлении резервуаров и труб с напряженной арматурой, а также для заделки стыков при монтаже сборных железобетонных конструкций целесообразно применять торкретирование. Сущность его заключается в том, что на поверхность забетонированной конструкции под давлением сжатого воздуха наносят тонкий слой мелкозернистой бетонной смеси (набрызг-бетон) бетоншприцма-

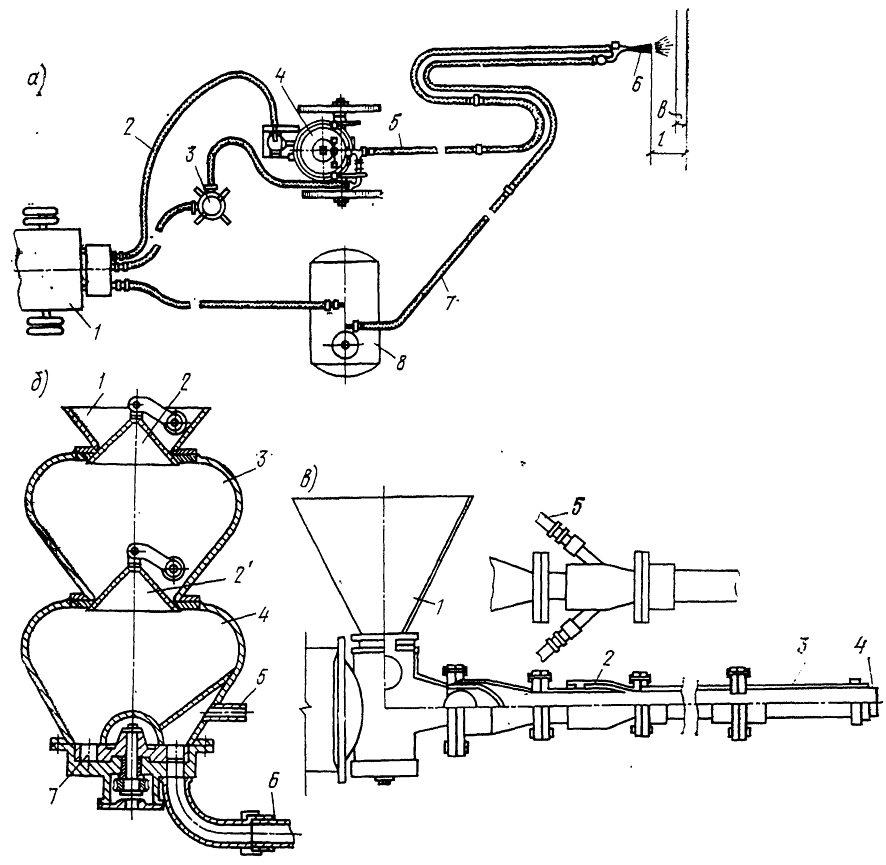


Рис. 8.41. Установки для набрызга раствора и бетонной смеси

шиной или цементно-песчаного раствора (торкрет) цемент-пушкой.

Торкретная установка (рис. 8.41, *а*) состоит из корпуса цемент-пушки *4*, в которую загружают сухую цементно-песчаную или бетонную смесь, состоящую из цемента, щебня мелких фракций и песка с влажностью не более 3...5 %. Под воздействием сжатого воздуха по материальному шлангу *5* смесь поступает к соплу *6*, где увлажняется водой, поступающей из бака *8* по шлангу *7*. Образовавшийся в форсунке раствор вылетает со скоростью 120... 140 м/с и плотно наносится на бетонную поверхность конструкции. Поэтому торкрет-бетон получается плотным, водонепроницаемым, морозостойким и огнестойким.

Торкрет-бетон применяют для устройства на стенах подземных сооружений (коллекторов, тоннелей) водонепроницаемой и прочной оболочки, а также отдельных конструктивных элементов. Например, при возведении стены подземных сооружений устраивают опалубку с одной ее стороны, устанавливают арматурные сетки, на которые послойно наносят торкрет-бетон до получения проект-

ной толщины. При этом значительно уменьшаются затраты ручного труда, так как объем устанавливаемой опалубки уменьшается до 45 %, а бетонную смесь не требуется ни укладывать в конструкцию, ни уплотнять ее. В двухкамерной торкрет-машине (рис. 8.41, *б*) сухая бетонная смесь поступает непрерывно в верхнюю шлюзовую камеру *3* через воронку *1* с конусным клапаном *2*. После загрузки смеси конусный клапан закрывается и в верхнюю шлюзовую камеру нагнетается сжатый воздух. При равных давлениях в рабочей и шлюзовой камерах открывается нижний конусный клапан *2* и сухая смесь поступает в рабочую камеру *4*, а оттуда через тарельчатый питатель *7* по материальному шлангу *6* она подается к соплу для смешения с водой.

Торкретирование по армированным поверхностям можно производить в один или несколько слоев. Толщина каждого слоя не должна превышать: 15 мм — при нанесении раствора на горизонтальные (снизу вверх) или вертикальные неармированные поверхности; 25 мм — при нанесении раствора на вертикальные армированные поверхности; 50 мм — при нанесении бетонных смесей на горизонтальные поверхности (снизу вверх); 75 мм — при нанесении бетонных смесей на вертикальные поверхности. Толщина слоя не ограничивается, если растворная или бетонная смесь наносится на горизонтальные поверхности сверху вниз. Минимальные перерывы в работе определяются из условия, чтобы ранее уложенный нижележащий слой не разрушался под действием струи наносимого раствора, а максимальные — из условия обеспечения хорошего сцепления между слоями, т. е. возможностью втапливания наносимого раствора или бетона в предыдущий слой. Разрыв во времени между ранее сделанным слоем и вновь устраиваемым не должен превышать 10 мин.

В двухкамерной торкрет-машине дальность подачи сухой смеси по горизонтали 200 м. Предельная крупность заполнителя не должна превышать половины минимальной толщины каждого торкретируемого слоя и не более половины размера ячейки арматурных сеток. В применяемых растворах крупность заполнителей не должна быть больше 5 мм, а в бетонных смесях, наносимых бетоншприцмашиной — 20 мм. Для ускорения схватывания и твердения торкретного слоя в его состав вводят добавки — ускорители, а также поверхностно-активные добавки.

Поверхность, подлежащая торкретированию, очищается от крупных неровностей и промывается водой. До начала торкретирования производится регулировка подачи воды и величины давления воздуха в машине путем пробного нанесения смеси на переносный щит. К соплу цемент-пушки вода подается бетоншприцмашиной под давлением, превышающим на 0,05...0,13 МПа давление воздуха в машине. Сопло цемент-пушки должно находиться от торкретируемой поверхности на расстоянии 0,7...1 м, а шприцбетонной установки — на 1...1,2 м. Направление струи раствора должно быть по возможности перпендикулярным к торкретируемой поверхности. При нанесении торкретного слоя на конструкцию с

арматурой диаметром более 14 мм набрызг производят с последовательным отклонением сопла на 45° в обе стороны от перпендикуляра к торкретируемой поверхности (чтобы не было пустот под арматурными стержнями). Торкретирование вертикальной поверхности начинают с нижних ее участков с перемещением сопла вверх по мере образования слоя.

Недостаток цемент-пушки: в составе наносимого раствора появляются небольшие каверны, заполненные сухой смесью цемента с песком, т. е. в сопле при большой скорости истечения не происходит полного и равномерного смешения сухой смеси с водой; при производстве работ происходит пылеобразование, ухудшающее условия труда рабочих; недостаточно увлажненные частицы смеси как более легкие отлетают от торкретируемой поверхности, что приводит к потере материала; при повышенной влажности пёска происходит налипание сухой смеси на внутреннюю поверхность материального шланга с образованием пробок.

Для устранения указанных недостатков применяют способ мокрого пневмобетонирования, при котором по материальному шлангу с помощью сжатого воздуха подается не сухая смесь, а заранее приготовленный раствор однородного состава. В комплект установки для пневмобетонирования входят: два растворонасоса производительностью 6 м³/ч, компрессор, растворосмеситель емкостью 156 л, вибросито, приемный бункер со шнеком для перемешивания смеси, материальный шланг и сопло. Указанное оборудование смонтировано на тележке и легко транспортируется с объекта на объект. Приготовленный раствор состава 1 : 2 (цемент, песок) с осадкой конуса 6...8 см через вибросито поступает в накопительный бункер *1* (рис. 8.41, *б*), а из него в растворонасос, в котором насосно-механическая часть заменена приставкой конструкции инженера Н. С. Марчукова. При выходе из материального трубопровода раствор попадает в смесительную камеру *2* (рис. 8.41, *в*), где под действием сжатого воздуха, подаваемого от компрессора по шлангам *5*, перемещается по материальному шлангу *3* и к соплу *4*.

8.24. Подводное бетонирование

Подводное бетонирование осуществляют двумя основными методами: с применением вертикально перемещающейся трубы (ВПТ) и восходящего раствора (ВР). Укладку бетона в мешках применяют как вспомогательный метод для выравнивания основания, временного ограждения участка работ, в качестве опалубки или подводного бетонирования на глубине до 2 м, ликвидации аварийных повреждений. Метод вертикального подъема трубы и восходящего раствора используют при непрерывной укладке бетона под водой на глубине 1,5...50 м в массивные сооружения, требующие высокой прочности. Кроме того, первый метод применяют при укладке бетона под слоем бентонитового раствора при строительстве подпорных стенок транспортных пересечений тоннельного типа по способу «стена в грунте».

Для предохранения уложенного бетона от вымывания цемента и песка по контуру возводимого блока сооружения устанавливают опалубку, которая может быть как временное шпунтовое ограждение *1* (рис. 8.42, *а*) или как специально изготовленная опалубка (железобетонная, металлическая, деревянная или смешанная). Например, железобетонную опалубку применяют в качестве защитной облицовки подводного бетона в агрессивной среде, при работе на участках незащищенных акваторий (для восприятия ударного действия волн), как межблочную, которая для ускорения работ не снимается между смежными блоками.

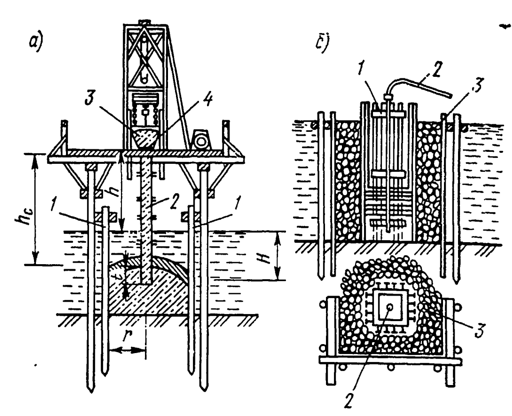


Рис. 8.42. Технология подводного бетонирования

В зависимости от объема работ транспортирование бетонной смеси к месту ее укладки осуществляют бетононасосом или автомобильными самосвалами. Для этого вдоль строящегося сооружения устраивают временную эстакаду с рабочим настилом. К элементам эстакады закрепляют трубу *2* с воронкой *3* и затвором *4*. Трубу собирают из стальных бесшовных звеньев диаметром не менее 200 мм длиной 1...3 м с плотными водонепроницаемыми легкоразъемными соединениями. Сверху ее подвешивают к траверсе и по мере бетонирования поднимают краном или специальной установкой при заполненной воронке бетонной смесью. В начальный период для равномерного заполнения трубы бетонной смесью без воздушных пробок необходимо применять пробки или клапаны, предохраняющие бетон от размыва его водой. Конец трубы должен всегда находиться в свежеуложенной бетонной смеси толщиной не менее 0,8; 1,2 и 1,5 м при глубине бетонирования соответственно до 10 м, более 10 и 20 м, а при укладке бетонной смеси с вибрацией — не менее 0,5; 0,75 и 1 м. Максимальное заглубление конца трубы в укладываемой бетонной смеси не должно превышать 5 м. В пределах высоты секции (блока) бетонирование необходимо вести непрерывно со скоростью, обеспечивающей необходимый радиус действия трубы и нормативное ее заглубление в свежеуложенную бетонную смесь.

Бетонная смесь в трубе в любой момент бетонирования должна возвышаться над поверхностью воды на величину

$$h = r - 0{,}6H,$$

где r — наибольший радиус действия трубы, т. е. радиус растекания бетонной смеси после выхода ее из конца трубы, r не более 6 м; H — высота столба воды под уровнем бетона в блоке, м.

Бетонную смесь способом ВПТ необходимо укладывать со скоростью (м/ч)

$$v \geqslant r/(6k); \quad v \geqslant b/(2k); \quad r \geqslant 6kv,$$

где k — показатель сохранения подвижности, ч; b — заглубление трубы в бетонную смесь, м.

Для обеспечения необходимого радиуса действия трубы и скорости бетонирования необходимо, чтобы бетонная смесь в трубе возвышалась над уровнем бетона в возводимой конструкции на

$$h_c = r + 0{,}4H_в,$$

где $H_в$ — высота столба воды над уровнем бетона в возводимой конструкции в данный момент бетонирования, м.

В начальный период работы (для образования холмика — затвора у конца трубы) применяют бетонную смесь с осадкой конуса 14...16 см, а при последующей укладке — 16...20 см и с применением вибрации — 6...12 см. Показатель сохранения подвижности бетонной смеси должен быть не менее 0,654, а водоотделение — 1...2 %. В качестве крупного заполнителя бетона целесообразно брать гравий или смесь гравия с 30...50 % щебня. Чтобы исключить образование пробок в трубе, крупность заполнителя не должна превышать 0,2 диаметра трубы, а при бетонировании железобетонных конструкций — 0,5 расстояния между стержнями арматуры в свету. Крупность зерен песка принимают не более 5 мм. Скорость опускания бетонной смеси в трубе не должна быть более 0,12 м/с и не менее 0,3 м/ч. Эта величина регулируется заглублением конца трубы в свежеуложенный бетон. В зависимости от принятого радиуса действия трубы и минимальной величины ее заглубления интенсивность бетонирования принимают не менее 0,3 $м^3/(м^2 \cdot ч)$.

Метод восходящего раствора (ВР) предусматривает заполнение раствором всех пустот между щебеночным или каменным заполнителем, заранее уложенным по контуру возводимого сооружения. При этом методе применяют безнапорное гравитационное и напорное инъекционное бетонирование. В первом случае заливочную трубу *2* свободно устанавливают в ограждающей шахте *1* (рис. 8.42, *б*) для наполнения ее раствором. Заполнение пор между камнями *3* происходит не под воздействием напора в трубе, а под давлением столба раствора в шахте. Во втором случае поры между камнями или щебнем заполняются под воздействием избыточного давления, создаваемого в трубах растворонасосами или массой столба раствора (при большой глубине бетонирования). Трубы устанавливают в щебеночный или каменный заполнитель без устройства шахт.

Для подачи раствора в заполнитель применяют стальные бесшовные трубы диаметром 38...100 мм или резинотканевые шланги диаметром 38...65 мм. Для обеспечения постоянного заполнения трубы раствором сверху они имеют воронки. При безнапорном бетонировании трубы собирают из звеньев длиной 1...2 м с плотными водонепроницаемыми легкоразъемными фланцами.

Если бетонирование ведут на глубине 5...10 м с использованием труб диаметром 100 мм и на глубине более 10 м с использованием труб диаметром 75 мм, то для первоначального заполнения труб раствором применяют скользящие пробки. Подвижность раствора принимается из условия его свободного растекания в каменном заполнении с уклоном 1:5...1:7. Радиус действия труб принимается не более 3 м при заливке каменного и 2 м при заливке щебеночного заполнителя. В качестве заполнителя используют рваный камень крупностью 150...400 мм М100 и выше или щебень прочных и плотных горных пород крупностью 40...150 мм М150 и выше. Конец трубы должен быть заглублен в раствор не менее 0,8 м, скорость безнапорного бетонирования должна быть не менее 0,4 м/ч, а напорного — 3...6 м/ч.

8.25. Монолитные цементобетонные покрытия и основания проезжей части городских улиц

С увеличением скорости движения, интенсивности и грузоподъемности транспортных средств проезжая часть городских улиц должна быть более ровной, прочной и долговечной. Таким требованиям лучше всего удовлетворяют цементобетонные покрытия. По сравнению с асфальтобетонными они менее трудоемки, возводятся при комплексной механизации и имеют больший срок службы.

Поскольку цементобетонные покрытия относятся к жестким, они более чувствительны к неравномерным осадкам. Если в цементобетонном покрытии появляются трещины при поднятии и опускании земляного полотна (в период замерзания и оттаивания) на 8...10 мм, то в асфальтобетонном покрытии они возникают лишь при осадках 15...25 мм. Для устранения этого недостатка необходимо применять морозоустойчивое основание с общей толщиной 30...35 см (в сухих местах). Попадающая в подстилающий слой вода должна удаляться продольными дренажами. При ширине проезжей части более 9 м и продольном уклоне более 3 % кроме продольных дренажей необходимо устраивать и поперечные дренажи.

Цементобетонное покрытие может быть одно- и двухслойное толщиной 18...22 см, что зависит от категории дороги, типа основания и климатической зоны. Чтобы избежать образования трещин в покрытии и уменьшить напряжения в бетоне в период больших температурных колебаний, устраивают поперечные швы расширения *1* и сжатия *2*, а также продольные швы сжатия *3, 4* (рис. 8. 43, *а*).

Швы расширения необходимы для обеспечения свободного перемещения цементобетонного покрытия проезжей части в период ее удлинения (расширения) от повышения температуры воздуха. Расстояние между швами расширения зависит от толщины покрытия, вида основания и покрытия (армированного и неармированного), а также температуры воздуха во время бетонирования. В швах расширения (рис. 8. 43, *б*) укладывают металлические штыри

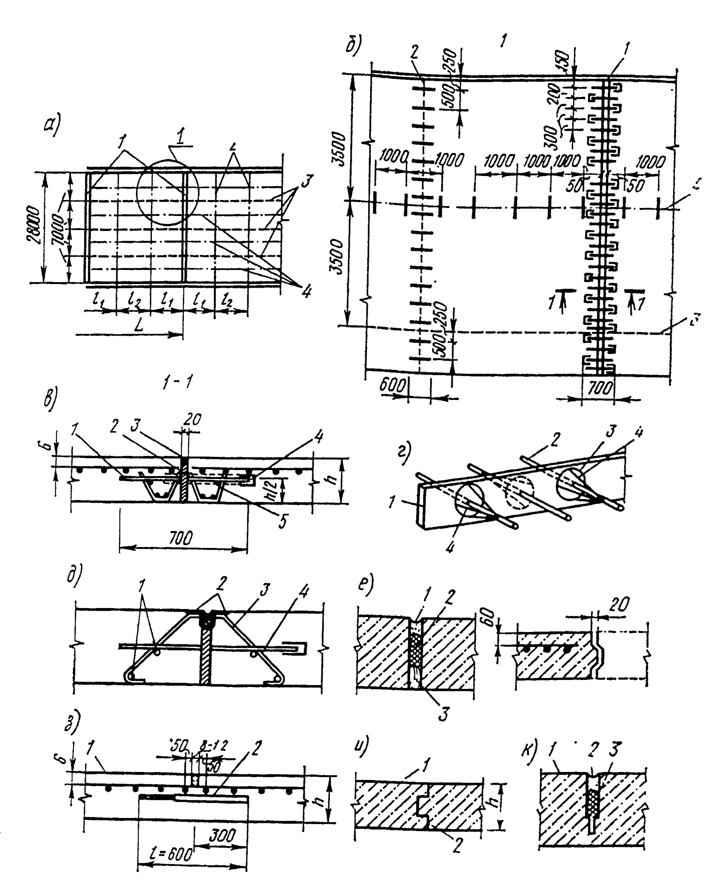


Рис. 8.43. Технология устройства в цементобетонном покрытии швов расширения и сжатия

d=20 мм, длиной 500...700 мм через 300 мм друг от друга. На $^2/_3$ своей длины их покрывают жидким битумом толщиной слоя не более 0,3 мм (чтобы исключить коррозию металла и сцепление с бетоном). Для обеспечения беспрепятственного продольного перемещения плит покрытия на концы стержней *1* (покрытых битумом) надевают гильзы-колпачки *4* (рис. 8. 43, *в*), заполненные по длине на 2...3 см опилками или войлоком. Стержни с колпачками на концах укладывают поочередно то в левой, то в правой плите и тем самым исключают их смещение в вертикальной плоскости. Штыри располагают посередине сечения плиты, а чтобы они не смещались со своих мест в период укладки бетона, их закрепляют вязальной проволокой к арматурному каркасу (корзинке) 5. Зазор между плитами принимают 20 мм при расстоянии между швами расширения до 80 мм и 30 мм — при расстоянии более 80 м. В нижнюю часть шва вставляют доску *2* из мягких пород дерева, а сверху на высоту 3 см шов заполняют водонепроницаемой и уп-

ругой битумно-резиновой мастикой *3* или мастикой из полимерных материалов. Чтобы кромки цементобетонных покрытий не разрушались от колес транспорта, в швах расширения делают фаски.

Шов расширения конструкции П. Г. Петербургского (рис. 8. 43, *г*) состоит из доски *1*, к которой прикреплены стержни *2*, выполняющие такую же роль, как и в шве расширения, изображенном на рис. 8. 49, *в*. Проектное положение стержней *2* обеспечивают подкосными стержнями *4* и опорным кольцом *3*, жестко прикрепленным к деформационной прокладке. Доска *1* закрепляется вертикально с помощью стержней, забитых в основание.

Чтобы кромки шва расширения защитить от разрушения (колесами автомобилей), устанавливают уголки *2* (рис. 8. 43, *д*), к которым приваривают стержни *3*. Жесткость в продольном направлении обеспечивается стержнями *1* диаметром 6...8 мм. К верхним горизонтальным стержням вязальной проволокой прикрепляют стержни *4*. Над деревянной прокладкой пространство между уголками заполняют битумной мастикой.

Для повышения водонепроницаемости швов расширения применяют герметики, разработанные Э. Н. Смирновым и А. Г. Гулимовым (СоюзДорНИИ). Внизу шва расширения устанавливают доску *3* (рис. 8. 43, *е*), а сверху нее укладывают прокладку (пороизол) *2*. Будучи в сжатом состоянии, упругая прокладка следует за температурными деформациями плит покрытия без нарушения герметизации шва. Сверху шов заполняют тиоколовым герметиком *1*. Такие швы менее трудоемки в изготовлении и обладают большей водонепроницаемостью.

Поперечные швы сжатия устраивают между швами расширения по типу ложного шва (рис. 8. 43, *з*). Необходимы они для компенсации температурных напряжений во время усадки бетона. При снижении температуры воздуха цементобетонное покрытие проезжей части сжимается (укорачивается) и в бетоне возникают растягивающие усилия, которые при определенных условиях могут быть причиной появления трещин в различных местах и различных по форме. Чтобы устранить это нежелательное явление и предусмотреть их появление в определенных местах, сверху покрытия *1* устраивают швы (пазы) глубиной $^1/_4$ его толщины. Для усиления швов сжатия в средней части покрытия *1* через 500...600 мм друг от друга укладывают металлические штыри *2* диаметром 16 мм, длиной 500...600 мм, обмазанные жидким битумом на $^2/_3$ своей длины.

Шов сжатия шириной 8...12 мм делают различными способами: комбинированным, когда сначала устраивают прямолинейный шов путем закладки в свежеуложенный бетон полиэтиленовой пленки или битумизированной бумаги с последующей нарезкой в затвердевшем бетоне паза необходимой толщины; нарезкой в затвердевшем бетоне одним или сразу двумя дисками двухступенчатого шва. Водонепроницаемость шва сжатия обеспечивают заливкой его битумно-резиновой мастикой.

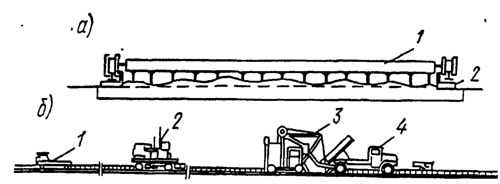


Рис. 8.44. Комплексная механизация при строительстве цементобетонных покрытий проезжей части улиц

Продольные швы сжатия устраивают через 7...7,5 м по типу шпунта *2* в цементобетонном покрытии *1* (рис. 8. 43, *и*) и в цементобетонном основании (рис. 8. 43, *к*), а между ними—продольные швы сжатия по типу ложного шва. Разрешается также устройство продольного шва с укладкой через 1 м металлических штырей без обмазки битумом. Водонепроницаемость шва сжатия в цементобетонном покрытии *1* обеспечивают упругой прокладкой *3* и тиоколовым герметиком *2*.

Для устройства однослойного покрытия или верхнего слоя двухслойного покрытия магистралей I и II классов применяют дорожный бетон не ниже М400, а для нижнего слоя двухслойного покрытия не ниже М300. Поверхность цементобетонного покрытия должна быть ровной, замкнутой (цементным тестом) и обладать необходимой шероховатостью. Для этого бетонную смесь подбирают с оптимальным гранулометрическим составом. Подвижность бетона принимают равной 10...20 мм, а жесткость — 20...10 с при укладке и уплотнении машиной, а при уплотнении виброрейкой — 20...30 мм с жесткостью 10...5 с. Морозостойкость бетона для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий должна быть не менее: Мрз100 — для районов со среднемесячной температурой наиболее холодного месяца $t_в = 0...-10$ °С; Мрз150 при $t_в = -10...-20$ °С и Мрз200 — при $t_в > -20$ °С. Водопоглощаемость бетона в возрасте 28 сут не должна превышать 5 % по массе.

Для уменьшения расхода бетона необходимо точно спрофилировать поверхность песчаного основания. Эту работу выполняет профилировщик основания ДС-97 или Д-345, а контрольную выверку ровности основания производят с помощью шаблона *1* (рис. 8. 44, *а*), установленного на рельс-формы *2*. Проектную толщину и продольный уклон цементобетонного покрытия обеспечивают заранее установленными по нивелиру рельс-формами. На один комплект бетоноукладочных машин необходимо иметь не менее 600 м рельс-форм (в две нитки), чтобы обеспечить их бесперебойную работу. В комплект бетоноукладочных машин входит: бетоноукладчик *3* (рис. 8.44, *б*), бетоноотделочная машина *2* и машина для нарезки швов *1*. Товарный бетон доставляют с заводов на автосамосвалах *4* и разгружают в приемный бункер бетоноукладчика *3*, который равномерно распределяет смесь по ширине полосы заданной толщины. Поперечные швы устраивают виброножом, а продольные — вибродиском.

Недостаток бетоноукладочных машин с центральной подачей бетона: автосамосвалам необходимо заезжать на основание, которое от колес автомобиля теряет свой профиль; невозможно за-

ранее уложить металлические штыри в швах расширения и сжатия, что осложняет работу. Поэтому при устройстве цементобетонного покрытия целесообразно применять бетоноукладчик с боковой разгрузкой бетонной смеси.

Установка и перестановка рельс-форм, а также и перевозка их на новый участок строительства требуют значительных трудозатрат. Этот недостаток устраняется с применением гусеничного бетоноукладчика со скользящими формами. Он снабжен следящей системой, позволяющей автоматически выдерживать заданный продольный и поперечный уклоны поверхности проезжей части улицы, а также прямолинейное движение машины. Производительность такого бетоноукладчика 40 м³/ч, ширина полосы укладки бетона 3,5 м, толщина укладываемого слоя 100...250 мм, рабочая скорость движения 1...1,5 м/мин.

8.26. Комплексная механизация при устройстве асфальтобетонных покрытий на бетонном основании

Строительство асфальтобетонных покрытий на бетонном основании ведется поточным способом. В потоке участвуют отдельные звенья с комплектом машин, выполняющих земляные, бетонные работы, установку бордюрных камней и асфальтобетонные работы.

Примерная технологическая схема поточного строительства проезжей части городской улицы с асфальтобетонным покрытием на бетонном основании показана на рис. 8. 45.

Звено I выполняет земляные работы. В зависимости от конкретных местных условий в его составе могут быть различные машины по разработке, планировке и уплотнению грунта: экскаваторы, скреперы, бульдозеры *1*, грейдеры, катки *2* и др. О выборе необходимых машин и механизмов, способах производства работ и подготовке земляного полотна было сказано ранее.

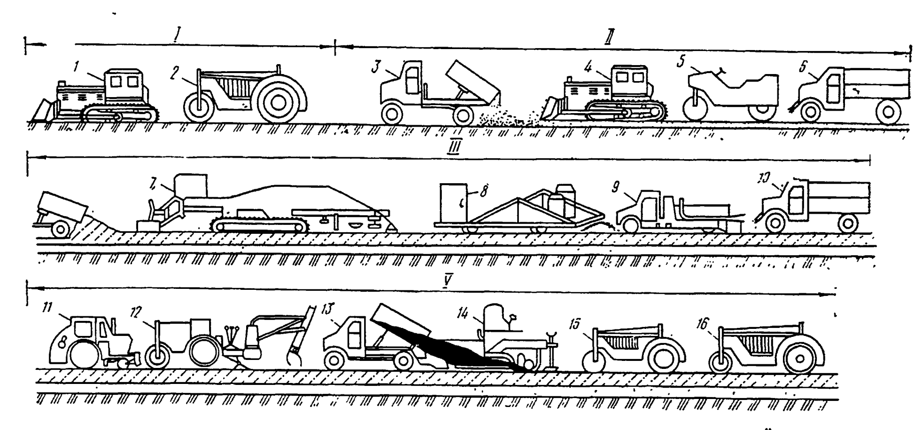


Рис. 8.45. Технологическая схема поточного строительства проезжей части городской улицы с асфальтобетонным покрытием на бетонном основании

Звено II занимается устройством песчаного подстилающего слоя. Автосамосвалы *3* доставляют в корыто земляного полотна песок, который разравнивается и планируется бульдозером *4*, а уплотняется катком *5*. Слой песка можно разравнивать, планировать и уплотнять с помощью профилировщика. Для лучшего уплотнения и перед укладкой бетона в летнее время слой песка поливается водой из поливочной машины *6*.

Звено III устраивает бетонное основание. Товарный бетон к месту его укладки доставляется с заводов автосамосвалами, а процессы разравнивания и уплотнения бетонной смеси выполняет бетоноукладчик на гусеничном ходу *7*. За бетоноукладчиком перемещается машина *8*, нарезающая шов. Швы заливают мастикой с помощью приспособления, смонтированного на базе автогудронатора *9*. Если в период ухода за бетоном не применяют пленкообразующие материалы, поверхность основания покрывают слоем песка и регулярно увлажняют либо поливочной машиной *10*, либо автоматическими разбрызгивателями воды. Технология устройства бетонного основания со швами расширения и сжатия аналогична технологии устройства цементобетонного покрытия. Для лучшего сцепления асфальтобетонного покрытия с бетонным основанием поверхность последнего должна быть шероховатой.

Звено IV (на схеме не показано) с помощью специального клещевого захвата, смонтированного на тракторе ДТ-20, производит установку бортового камня.

Звено V укладывает асфальтобетонное покрытие. Предварительно поверхность бетонного основания тщательно очищают от песка и пыли с помощью навесного оборудования *11*, смонтированного на базе трактора. Чтобы обеспечить хорошее соединение асфальтобетонного покрытия с бетонным основанием, на его поверхность наносят битумную эмульсию с помощью навесного оборудования *12*, смонтированного на базе трактора той же марки.

Асфальтобетонную смесь доставляют к месту строительства автосамосвалами *13* и разгружают в бункер асфальтоукладчика *14*. Из питателей смесь подается к шнеку, который распределяет ее по полосе. Смесь предварительно уплотняют трамбующим брусом асфальтоукладчика производительностью 100 т/ч. Толщина укладываемого слоя 15...150 мм. Уложенная асфальтоукладчиком смесь уплотняется сначала легким катком *15* массой 6...8 т с 6...8 проходами, а затем тяжелым катком *16* массой 10...12 т с 14...18 проходами по каждой полосе. Укатку считают законченной, когда после прохода тяжелого катка на покрытии не остается следа, а на поверхности появляется глянец.

Для укладки асфальтобетонного покрытия толщиной 20...200 мм на полосе шириной 2,5...7,5 м применяют укладчик «Супер-204» (ФРГ) производительностью 500 т/ч. Он может работать как с ручным управлением, так и в автоматическом режиме по копиру. Все процессы по обеспечению заданной толщины покрытия, по выдерживанию продольного и поперечного уклона проезжей час-

ти выполняются нивелирующим следящим устройством с электронным автоматическим управлением.

Для окончательного и равномерного уплотнения асфальтобетонной смеси применяют трехвальцовые катки с одним задним ведущим или тремя ведущими вальцами. В таких катках происходит автоматическое перераспределение собственной массы и сосредоточение его на среднем вальце для ликвидации выступающей поверхности на покрытии. Ровность асфальтобетонного покрытия проверяют рейкой длиной 3 м, просвет под которой не должен быть более 5 мм.

Более качественное уплотнение асфальтобетонной смеси достигают применением вибрационных катков. Укатку уложенного асфальтобетонного слоя начинают от бортового камня и ведут к оси улицы с перекрытием предыдущего прохода полосы на 200...250 мм. К месту строительства магистрали асфальтобетонная смесь должна доставляться при температуре не менее 140 °С, а для устройства верхнего слоя — не менее 160 °С. В летний период укладку смеси ведут при температуре не ниже 130 °С, а при температуре воздуха менее 10 °С температура смеси должна быть не менее 145 °С.

Асфальтобетонная смесь состоит из минеральных материалов различной крупности, минерального порошка тонкого помола и битума. Состав смеси подбирают в зависимости от класса улицы, климатической зоны и требуемой шероховатости поверхности. Асфальтобетонное покрытие должно обладать хорошей сопротивляемостью при воздействии на него статических и динамических нагрузок. Наряду с плотностью и прочностью оно должно иметь минимальную способность пластически деформироваться, быть водонепроницаемым и стойким к тепловым и химическим воздействиям.

При строительстве городских улиц применяют одно- и двухслойное покрытие. В двухслойном покрытии нижний слой (биндер) толщиной 40...60 мм устраивают из крупнозернистой смеси, содержащей более 50 % зерен крупнее 2 мм, но наибольший размер щебня или гравия не должен быть более 35 мм. Верхний слой — слой износа толщиной 30...40 мм — устраивают из мелкозернистого или песчаного асфальта.

8.27. Устройство по грунту монолитного железобетонного перекрытия путепровода

Для сокращения времени разрыва в движении транспорта и пешеходов применяют новый способ устройства монолитного железобетонного перекрытия тоннеля или путепровода. Сущность его заключается в том, что после устройства опор сразу же приступают к строительству монолитного перекрытия по грунту. После необходимого выдерживания бетона открывается движение транспорта по перекрытию путепровода, а под ним начинается разра-

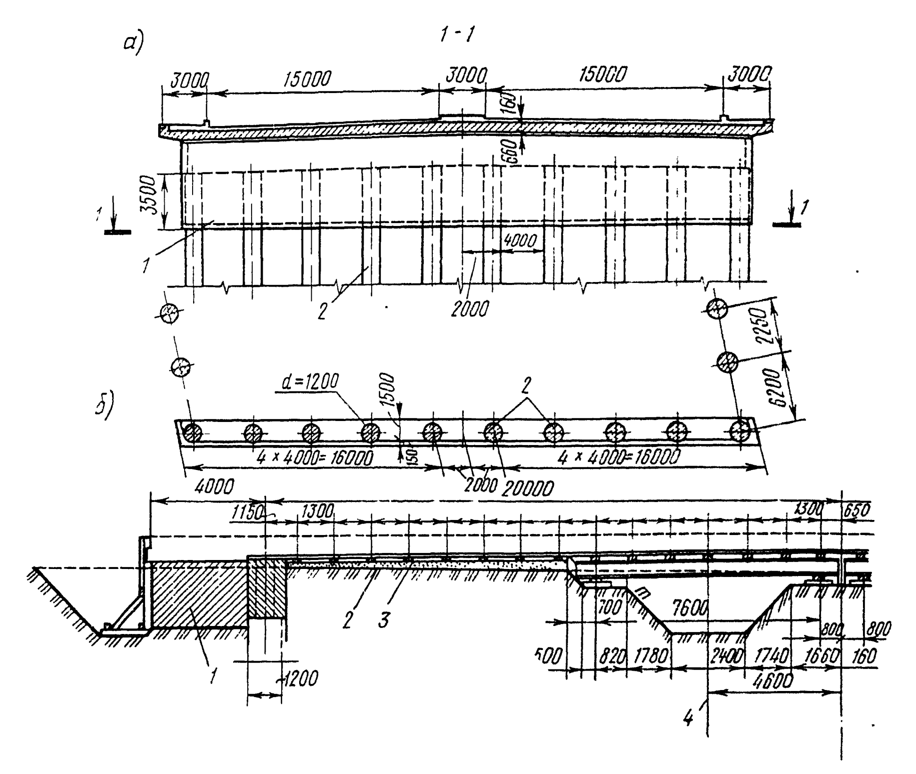


Рис. 8.46. Строительство путепровода с бетонированием безбалочного пролетного строения по грунту

ботке грунта с последующим выполнением дорожных, электромонтажных, сантехнических и отделочных работ.

По такому принципу был построен путепровод в Москве на пересечении Минского шоссе с магистралью Кашира — Рублево (по проекту Мосинжпроект). Пролетное строение путепровода запроектировано как неразрезная двухпролетная монолитная железобетонная плита толщиной 660 мм по 20 м в каждом пролете. Опирается она на монолитный железобетонный ростверк *1* (рис. 8.46, *а*), который покоится на набивных сваях *2* типа «Беното» диаметром 1200 мм, длиной 15 м. В крайних опорах сваи располагаются через 4 м друг от друга, а по средней оси — через 6 м. Расчетная нагрузка на каждую сваю в крайней опоре составила 380 т, а в средней — 450 т. Для уменьшения изгибающих моментов как в пролетах, так и на средней опоре запроектированы консольные противовесы *1* (рис. 8. 46, *б*). Основание было выравнено в соответствии с продольным уклоном слоем стабилизированного грунта *2*, сверху которого уложена опалубка из досок *3* толщиной 50 мм (по грунту или по брусьям сечением 100×140 мм). Чтобы нижняя плоскость плиты была гладкой, на доски опалубки уложен слой фанеры. Для разработки грунта в начальный период под плитой

пролетного строения вдоль средней опоры сделаны выемки по оси *4*. Сверху они перекрыты двутавровыми балками № 50, уложенными через 1,6 м.

Укладка бетона производилась по полосам-захваткам по всей длине путепровода. Ширина полосы 6,5 м. Когда бетон на первой полосе набирал прочность, предусмотренную проектом, приступали к бетонированию второй полосы и т. д. до полного окончания работ на шести полосах. Укладка производилась непрерывно в пределах каждой полосы в течение трех смен. В пролетное строение таким способом за 22 сут уложено 1260 м^3 бетона М400. После выдерживания бетона и устройства асфальтобетонного покрытия было открыто движение транспорта, а под плитой пролетного строения (начиная с прорезей) производилась разработка грунта бульдозером с перемещением его за пределы проезжей части.

Указанный способ строительства путепровода позволил сократить разрыв в движении городского транспорта в три раза по сравнению с традиционным методом строительства транспортных пересечений в разных уровнях.

8.Г. СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

8.28. Область применения способа «стена в грунте» и его достоинства

В связи с дальнейшим ростом численности населения наших городов и значительным увеличением количества всех видов городского транспорта возникает необходимость освоения подземного пространства. Поставленная проблема лучшим образом решается с применением способа «стена в грунте». Вот почему в Советском Союзе объем сооружений, построенных этим способом, из года в год увеличивается и в 1980 г. составил 180 тыс. м^2 стен. В больших городах со сложившейся капитальной застройкой (особенно в центральных районах) нет свободных территорий для строительства надземных автобусных и троллейбусных парков, автовокзалов, складских помещений, гаражей для легковых машин, сооружений по обслуживанию транспорта, а также объектов административно-общественного и культурно-бытового назначения.

Для сокращения времени проезда к этим объектам очень важно, чтобы они были равномерно размещены по всей территории города, т. е. в зоне пешеходной доступности человека. Эта проблема решается лучшим образом, если в условиях сложившихся городов подземные сооружения возводить способом «стена в грунте».

Достоинства этого способа состоят в том, что подземные сооружения можно возводить больших размеров, любой конфигурации и большой глубины (до 50 м). Их строят вблизи существующих зданий, не вызывая деформаций в основаниях и фундамен-

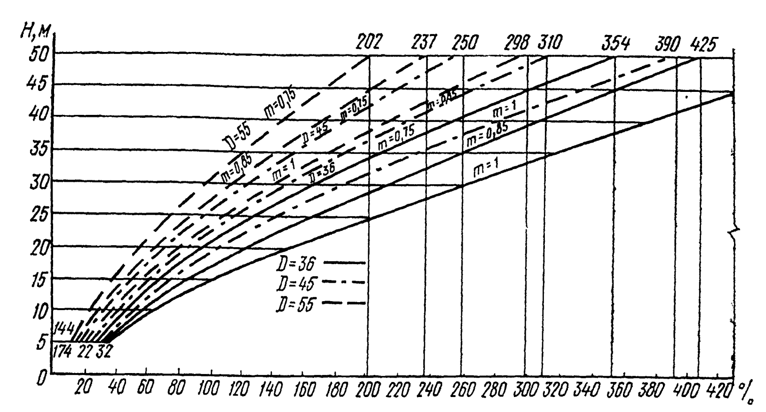


Рис. 8.47. Изменение объема обратной засыпки в зависимости от размеров подземного сооружения и коэффициента откоса

тах. При наличии высокого уровня грунтовых вод нет необходимости применять сложную водопонизительную систему и дорогостоящую гидроизоляцию. Повышается несущая способность фундаментов, возведенных способом «стена в грунте». Значительно уменьшается объем земляных и транспортных работ. Если, например, на внутриквартальной территории необходимо построить подземный гараж $D=36$ м, то при глубине котлована $H=18$ м и коэффициента откоса $m=0{,}75$ объем обратной засыпки равен объему возводимого сооружения (рис. 8. 47). При тех же данных и глубине котлована 33 м объем обратной засыпки в 2 раза превышает объем самого гаража, а при глубине 50 м — в 4,25 раза.

Так как в застроенном и благоустроенном квартале нет места, где можно было бы временно разместить грунт для обратной засыпки, то его приходится вывозить в больших городах на расстояние 8...10 км, а по окончании строительства снова привозить на это же расстояние. При устройстве, например, котлована для подземного гаража глубиной 50 м и диаметром 36 м объем обратной засыпки равен 179 тыс. м^3. Стоимость транспортировки этого объема грунта на расстояние 10 км автосамосвалами грузоподъемностью 10 т составляет 26 751 руб.

8.29. Методика оценки эффективности различных способов строительства транспортных пересечений в разных уровнях

Эффективность строительства транспортных пересечений в разных уровнях определяется не только их сметной стоимостью, но и теми непрозводительными затратами, которые возникают при неправильной организации движения городского транспорта. Так как пересечения в разных уровнях возводятся на городских улицах при непрерывном движении транспорта и пешеходов, то очень важно сократить до минимума срок их строительства. Насколько это важно и какой большой экономический эффект при этом достигается, покажем на конкретных примерах.

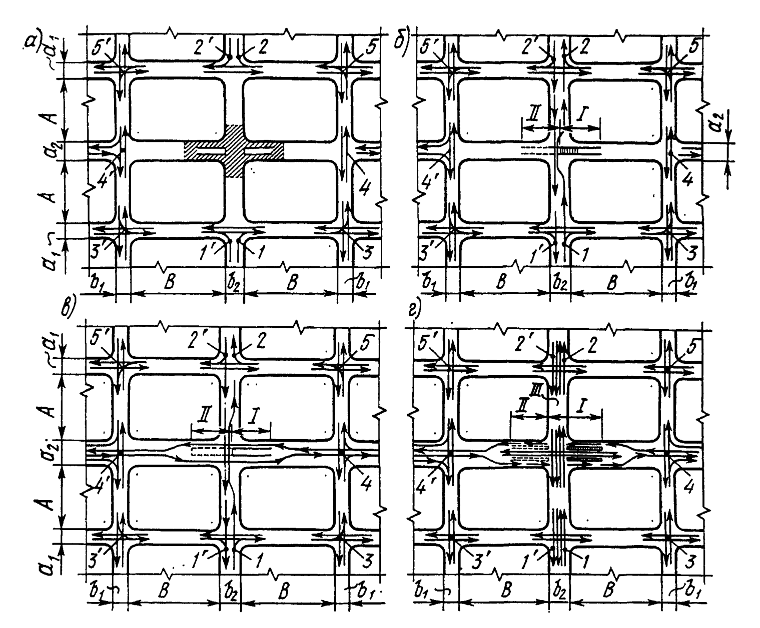


Рис. 8.48. Схемы организации городского транспорта в период строительства транспортных пересечений в разных уровнях

Если строительство пересечения тоннельного типа осуществляется из сборных элементов на неширокoм перекрестке, т. е. из-за стесненных условий на нем невозможно одновременно вести общестроительные работы и пропускать городской транспорт, то с такого перекрестка полностью снимается движение транспортных средств (рис. 8. 48, *а*). Поэтому вместо движения по улице через точки *1—2* городской транспорт объезжает два смежных квартала через точки *1—3—4—5—2*. Это вызывает удлинение пути движения автомобилей на величину

$$\Delta l_1 = l_{1-3-4-5-2} - l_{1-2},$$

где Δl_1 — увеличение пути движения автомобилей, м; $l_{1-3-4-5-2}$ — путь движения автомобилей при объезде двух кварталов через точки *1—3—4—5—2*, м; l_{1-2} — кратчайший путь движения автомобилей (до строительства тоннеля) через точки *1—2*,м.

При равных размерах четырех кварталов, прилегающих к перекрестку, такое же удлинение пути движения будет у автомобилей, проезжающих через точки: *2′—5′—4′—3′—1′*; *4—5—5′—4′* и *4′—3′—3—4*, т. е.

$$\Delta l_2 = l_{2'-5'-4'-3'-1'} - l_{2'-1'};$$

$$\Delta l_3 = l_{4-5-5'-4'} - l_{4-4'};$$

$$\Delta l_4 = l_{4'-3'-3-4} - l_{4'-4}.$$

На проезд удлиненного пути автомобили, движущиеся в четырех направлениях, будут затрачивать дополнительное время

$$\Delta t = \sum \Delta l / v = (\Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4)/v,$$

где v — скорость движения автомобилей, км/ч.

Пропускную способность одной полосы проезжей части при регулируемом движении принимают $N_р$. Если на взаимно пересекающихся улицах *1—2* и *4—4* движение осуществляется по четырем полосам в каждом направлении, то дополнительное время, необходимое для проезда удлиненного пути в четырех направлениях,

$$t_м = N_р n \Delta t T / (60 \cdot 7),$$

где $t_м$ — количество маш-смен, необходимых для проезда удлиненного пути по четырем направлениям движения в течение суток, месяца или года; $N_р$ — пропускная способность одной полосы проезжей части при регулируемом движении, маш/ч, для грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью 8 т и с учетом смешанного движения (без легковых автомобилей) $N_р = 245$ маш/ч; n — общее количество полос проезжей части на перекрестке (считая в обоих направлениях); Δt — общее дополнительное время, необходимое на проезд удлиненных участков в четырех направлениях (по двум улицам в двух направлениях), мин; T — продолжительность работы транспорта в течение суток, месяца или года, ч; 60 — количество минут в часе; 7 — продолжительность работы транспорта в смену, ч.

Зная общее количество маш-смен, необходимых для проезда удлиненных расстояний на перекрестке в течение суток, месяца или года, можно найти стоимость перепробега $C_п$ за эти же промежутки времени

$$C_п = t_м C,$$

где $C_п$ — стоимость перепробега в течение суток, месяца или года, руб.; C — стоимость маш-смены, руб.; в нашем примере взят грузовой автомобиль со средней грузоподъемностью 8 т.

По вышеизложенной методике, разработанной автором, были определены непроизводительные затраты, связанные с перепробегом транспорта. В первом варианте со 100 %-ным снятием движения на перекрестке непроизводительные затраты составили 404 603...1 104 480 руб. в месяц, что зависит от размеров кварталов, прилегающих к перекрестку. В данном расчете были приняты размеры кварталов длиной 150...400 м, шириной 100...350 м (с градацией через 50 м). На рис. 8. 48, *б* показан второй вариант, когда с перекрестка снимается 75 % всех видов городского транспорта. Улица *1 — 2* несколько шире улицы *4—4'*, т. е. $b_2 > a_2$, и поэтому на ней остается 25 % от общего количества транспорта, пересекающего перекресток. Строительство ведется по двухзахватной системе. Сначала возводится тоннель с пандусами на первой захватке (*I*), а по улице *1—2* пропускают 50 % автомобилей от прежнего транспортного потока. По окончании строительства на первой захватке движение транспорта переводится на смонтиро-

ванное перекрытие тоннеля, а общестроительные работы начинаются на второй захватке (*II*). При такой организации движения транспорта непроизводительные затраты меньше, чем в первом варианте и составляют 202 295...724 464 руб.

В соответствии с третьим вариантом (рис. 8. 48, *в*) с перекрестка снимается 50 % общих транспортных потоков. Такое решение возможно тогда, когда обе пересекаемые улицы достаточно широки, т. е. на них есть место для выполнения общестроительных работ с пропуском по местным проездам 50 % всех автомобилей. Строительство осуществляется по двухзахватной системе. В этом варианте непроизводительные затраты значительно меньше, чем в первых двух и составляют 139 576...389 376 руб. в месяц, т. е. на 66 % меньше, чем в первом варианте и на 30 % меньше, чем во втором.

Наиболее рациональная схема организации движения транспорта при строительстве пересечения тоннельного типа создается с применением способа «стена в грунте» (рис. 8. 48, *г*). В этом случае устройство подпорных стенок на первой и второй захватках ведется без прекращения движения городского транспорта по обеим пересекаемым улицам. По окончании устройства подпорных стенок пандусов на обеих захватках начинается устройство тоннеля. Для этого закрытая часть тоннеля разбивается на два участка: на первом из них ведется устройство стен и перекрытия, а на втором — осуществляется движение транспорта. По окончании работ на первом участке на готовое перекрытие переводится движение транспорта, а на втором ведутся общестроительные работы. Когда полностью закончено строительство тоннельной части, по улице *1—2* открывается движение транспорта по всем полосам проезжей части. Со средней части улицы *4—4′* снимается движение транспорта, переводится на местные проезды и начинается разработка грунта между подпорными стенками, под перекрытием, устраивается водосток, станция перекачки воды, ведутся работы по освещению тоннеля и устройству проезжей части.

При строительстве пересечений тоннельного типа с применением способа «стена в грунте» представляется возможность в 3...4 раза сократить разрыв в движении городского транспорта (по сравнению со строительством пересечений из сборных элементов) и благодаря этому сэкономить 1...1,5 млн. руб.

8.30. Технологиеская схема выполнения всех процессов при возведении подземных сооружений способом стена в грунте»

При строительстве подземного сооружения способом «стена в грунте» сначала возводят ограждающие стены, а затем производят работы внутри самого сооружения (разработка грунта, монтаж колонн, ригелей, перекрытий, санитарно-технические, электромонтажные и отделочные работы).

Рассмотрим технологические процессы данного способа на при-

мере строительства транспортного пересечения тоннельного типа, которые возводят по двухзахватной системе. В пределах первой захватки подпорную стенку по оси *В* (рис. 8. 49, *а*) разбивают на участки: *I—а, I* и *IV*. В неглубокой части подпорной стенки, т. е. на участке *I—а,* могут быть установлены сборные элементы. На участке *I* подпорную стенку разбивают на секции длиной $l = 5...6$ м. Сначала выполняют работы на нечетных секциях *1, 3, 5* и т. д. (на рисунке они заштрихованы), а затем — на четных.

Строительство подпорной стенки осуществляют поточным способом комплексной бригадой, состоящей из двух групп звеньев: в первой группе 4 звена, во второй — 3. В первой группе звенья перемещаются друг за другом и производят работы на нечетных секциях. До начала общестроительных работ выполняют подготовительные работы, т. е. производят разбивку на секции, снимают асфальтобетонное покрытие и бетонное основание на площади проектируемой подпорной стенки, устраивают форшахту *11* (траншею глубиной 80 см с укрепленными вертикальными стенками). На строительной площадке монтируют трубопроводы с установками для приготовления и очистки бентонитового раствора, которым заполняют форшахту.

Первое звено первой группы на границе нечетных секций забуривает трубы *1* (рис. 8. 49, *б*), которые по достижении проектной отметки извлекают. Второе звено малогабаритным грейфером разрабатывает грунт *2* под слоем бентонитового раствора между двумя ранее сделанными скважинами. По окончании разработки грунта трубы снова погружают на свои места *3* для образования выемок в торцах каждой бетонной нечетной секции. Эти сферические выемки (рис. 8. 49, *в*) глубиной полдиаметра трубы необходимы для хорошего соединения со смежной (четной) секцией и повышения водонепроницаемости стен. Третье звено устанавливает арматурные каркасы *4,* а четвертое — укладывает бетонную смесь в секцию *5* под слоем бентонитового раствора способом ВПТ. Когда бетон наберет необходимую прочность, в нечетных секциях за первой группой звеньев перемещается вторая, в которой звенья выполняют работы на четных секциях: пятое звено разрабатывает грунт *6* между забетонированными секциями, шестое устанавливает арматурные каркасы *7* и седьмое укладывает бетонную смесь способом ВПТ. Для устройства сферических поверхностей на торцах нечетных секций применяют металлические трубы, которые после укладки бетона извлекают. Недостаток этого способа — труба жестко зажимается между бетоном и грунтом. К тому же более позднее извлечение трубы приводит к появлению значительных сил трения вследствие сцепления затвердевшего бетона с ее поверхностью, а более ранее — к разрушению кромок сферической оболочки. Эти недостатки устраняют с применением неизвлекаемых перемычек (рис. 8. 49, *г*), забивкой свай на границе каждой секции (диагональ квадратной сваи должна быть перпендикулярна наружной плоскости стены) и с применением швеллеров или двутавров, приваренных к рабочей арматуре.

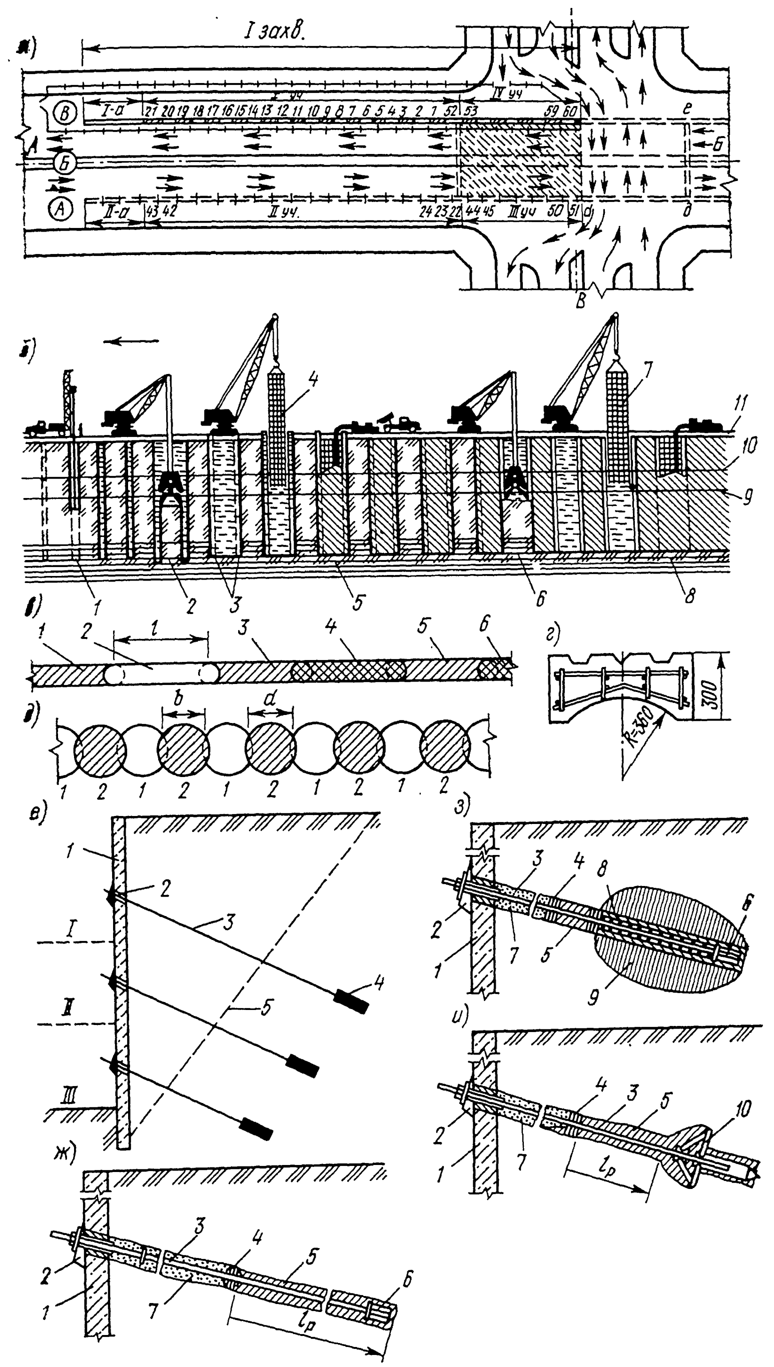


Рис. 8.49. Технология устройства подземного сооружения способом «стена в грунте»

Так как рядом с глубокой выемкой располагаются механизмы для разработки грунта и укладки бетона, а по местным проездам перемещается городской транспорт, то очень важно обеспечить устойчивость призмы обрушения грунта. Когда работы ведутся на нечетных секциях, то устойчивость призмы обрушения обеспечивается неразработанным грунтом на четных секциях и бентонитовым раствором в нечетных секциях. Если работы производятся на четных секциях, то устойчивость призмы обрушения обеспечивается ранее уложенным бетоном в нечетных секциях и бентонитовым раствором в четных секциях.

В тех случаях, когда высокий уровень грунтовых вод или подземное сооружение глубокого заложения возводится вблизи существующего здания (расположенного на призме обрушения грунта), для устройства несущих или противофильтрационных стен применяют секущиеся сваи. Для этого сначала устраивают буронабивные сваи *1* (рис. 8. 49, *д*) на расстоянии несколько меньшем их диаметра, т. е. $b<d$. Через заданный промежуток времени между ними устраивают пересекающиеся буронабивные сваи *2*, срезая при этом часть смежных свай. Недостатки способа: невозможно получить постоянную толщину стенки по ее длине, так как в местах примыкания одной сваи к другой толщина стенки в 1,3...1,5 раза меньше диаметра трубы; при разбуривании смежных свай возникает потеря бетона и дополнительная затрата энергии; буровой инструмент быстрее изнашивается; снижаются противофильтрационные свойства стенки вследствие большого количества вертикальных швов; при бурении на большую глубину возможно отклонение сваи от вертикали, что приводит к образованию щелей и снижению прочности стенки; невозможно применить горизонтальное армирование, связывающее сваи между собой; высокая стоимость, большая трудоемкость и сложность выполнения технологических операций.

По окончании устройства «стены в грунте» способом ВПТ дальнейшие работы, связанные с разработкой грунта, например внутри подземного гаража и возведением междуэтажных перекрытий, зависят от его размеров в плане, глубины заложения, местных условий и принятых способов производства работ. Горизонтальное давление от грунта может восприниматься ограждающиму стенами, перекрытиями или анкерами. В зависимости от этого принимают способ производства работ «сверху вниз» и «снизу вверх».

В соответствии с первым вариантом (после устройства подпорных стенок по периметру возводимого сооружения) сначала разрабатывают грунт лишь до отметки низа перекрытия первого этажа (считая этажи сверху вниз). Затем устраивают междуэтажное перекрытие с жестким каркасом (в металле или монолитном железобетоне). При большой ширине сооружения балки опирают на буровые сваи, расположенные по средней продольной оси. Когда перекрытие первого этажа закончено и оно воспринимает горизонтальное давление грунта, под ним начинают разра-

ботку грунта до отметки низа перекрытия второго этажа. В таком порядке работы выполняют на всех этажах. Достоинство способа «сверху вниз» состоит в том, что после устройства перекрытия над первым этажом открывается движение транспорта, пешеходов, что в условиях города весьма важно. Недостаток первого способа — несколько увеличивается общий срок строительства, так как под перекрытием каждого этажа высотой 2,5 м трудно разрабатывать грунт и извлекать его через проем. Для этого невозможно применять обычные землеройные машины (экскаваторы, бульдозеры). Осложняются также монтажные и бетонные работы. Все сборные элементы и бетон необходимо подавать через монтажный проем в перекрытии.

Во втором варианте устраняются все эти недостатки. После возведения «стены в грунте» начинают поярусную разработку грунта внутри гаража на всю глубину котлована с использованием высокопроизводительных экскаваторов и бульдозеров. Для транспортирования грунта используют автосамосвалы, которые при больших размерах гаража могут заезжать в котлован. Недостаток способа — увеличивается разрыв в движении городского транспорта, так как перекрытия устраиваются после окончания земляных работ. По мере разработки грунта необходимо устраивать анкеры (рис. 8.49, *е*), которые воспринимают горизонтальное давление грунта. В зависимости от глубины котлована их располагают по высоте в один, два, три и более ярусов. Анкеры классифицируют: по способу погружения в грунт — буровые, забивные и винтовые; по конструкции рабочей части — цилиндрические; с уширением основания скважины разбуриванием или камуфлетированием и инъекционные; по конструкции анкерной тяги — стержневые, трубчатые, из проволочных прядей, арматурных канатов и буровых труб.

Цилиндрический анкер (рис. 8.49, *ж*) состоит из стержневой арматуры (тяги) *3* диаметром 32...40 мм и анкеровки тяги *6*, размещенной в рабочей части анкера *5*, выполненной из цементно-песчаного раствора. С помощью буровых станков под углом 20...40° к горизонту устраивают скважину диаметром 200...400 мм. В несвязных грунтах скважину делают с обсадной трубой, а в связных — без нее. В готовую скважину вводят инъекционную трубку с тягой, на конце которой закреплено анкерное устройство. Чтобы получить рабочую часть анкера длиной 6...20 м (что зависит от местных условий), на тяге закрепляют уплотнительный диск *4*. После этого в скважину нагнетают цементно-песчаный раствор на длине рабочей части $l_р$, а в остальную часть скважины — водо-песчаную смесь с одновременным извлечением обсадной трубы.

Инъекционный анкер (рис. 8.49, *з*) отличается от цилиндрического лишь тем, что для повышения его несущей способности в работу включается часть грунта *9*, закрепленного цементным раствором. Поскольку по инъекционной трубе *8* с отверстиями нагнетается цементный раствор под давлением до 2 МПа, на тяге *3* устанавливают два диска уплотнения *4*.

Увеличения несущей способности анкера можно достичь за счет устройства уширения в основании скважины. Для этого используют уширители *10* (рис. 8. 49, *и*), позволяющие увеличить в два раза диаметр уширения. Длину рабочей части *5* принимают 4...6 м. По окончании твердения цементного раствора производится предварительное натяжение тяги с закреплением ее в стене *1* стопорным устройством *2*.

8.31. Выбор механизмов для разработки грунта способом «стена в грунте»

Качество поверхности и точность выдерживания проектных размеров конструкций, возводимых способом «стена в грунте», зависит в основном от точности разработки грунта. Так как вертикальные стенки секций являются своеобразной опалубкой для укладываемого бетона, то они воспроизводят все имеющиеся на них неровности. Значительные искривления на внутренней поверхности подземного сооружения приходится срубать пневматическими молотками или выравнивать плоскость нанесением торкретного слоя или устраивать облицовку. Все эти работы трудоемки и дорогостоящи. Поэтому для снижения стоимости строительства подземных сооружений наряду с другими мероприятиями необходимо повышать точность разработки грунта.

Грунт в траншеях под слоем бентонитового раствора можно разрабатывать с применением резцовых или лопастных фрез, рыхлителей, применяемых в буровых установках, грейферных ковшей различной конструкции и т. д. Удаление разработанного грунта из траншей производится гидромеханизированным (эрлифтами, эжекторами, промывкой) или механическим способами (ковшами). В городских условиях наибольшее распространение получил механический способ. С помощью плоского грейфера конструкции ГПИ Фундаментпроекта можно разрабатывать грунты I...IV групп в траншеях глубиной до 18 м, шириной 400, 800 и 1000 мм. НИИСП Госстроя УССР разработал траншейные драглайны ТД-600 и ТД-1100, широкозахватный грейфер ШГ-500 и штанговый экскаватор ЭК-800. Широкозахватный грейфер конструкции НИИСПа (рис. 8.50, *а*) свободно подвешен тросом к стреле экскаватора и разрабатывает грунты I...II групп под действием собственной массы. Недостаток такого грейфера — ковш не имеет направленного движения и поэтому не обеспечивает точных размеров траншеи и вертикальности стенок. В штанговом экскаваторе этот недостаток проявляется в меньшей степени, но для обеспечения вертикальности стен траншеи необходимо тщательно готовить путь перемещения экскаватора, т. е. он всегда должен быть горизонтальным.

В зарубежной практике для разработки грунта в траншейных секциях применяют установки различных фирм. Широкое распространение получила установка французской фирмы «Поклен» (рис. 8.50, *б*), которая обеспечивает большую точность разработки грунта. Это достигается тем, что грейферный гидравлический ковш *1*

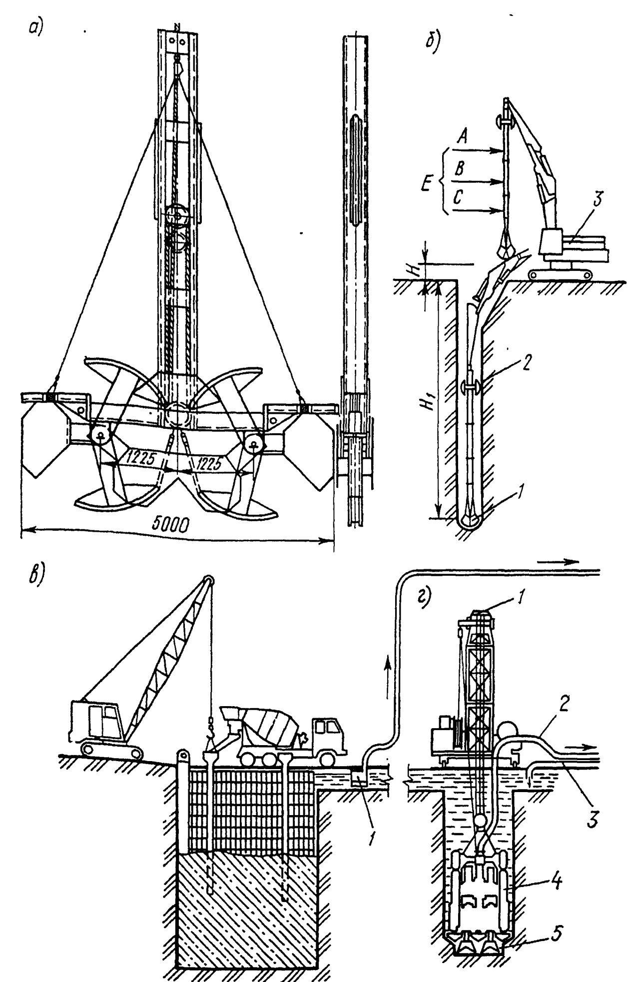


Рис. 8.50. Технология механизированной разработки грунта в траншейных секциях

имеет направленное движение благодаря направляющим *2*, скользящим по стенкам траншеи. Вертикальность плоскостей траншеи обеспечивается шарнирным сочленением стрелы установки со вставками *A*, *B* и *C* длиной соответственно 2,5; 1,75 и 1,2 м. Набор этих вставок позволяет разрабатывать грунт в траншеях глубиной до 16,1 м.

Более точную разработку грунта обеспечивает установка японской фирмы «Тоун-Боуринг» (рис. 8.50, *г*). Погружное устройство *4* подвешено системой полиспастов к раме *1*, имеющей возможность перемещаться по рельсам вдоль траншеи. Погружное устройство имеет режущие ножи *5*, приводимые в движение электродвигате-

лями. Разбуренная порода удаляется из траншеи вместе с глинистым раствором по трубе *2* обратной циркуляции и направляется на станцию сепарации, где происходит удаление породы, а очищенный глинистый раствор по трубе *3* поступает в форшахту. Зашламованный глинистый раствор заборным устройством *1* (рис. 8.50, *в*) из форшахты направляется в отстойники, а из них перекачивается насосом на установку для получения проектных параметров (плотность, водоотдача, вязкость и т. д.).

8.32. Назначение и требования, предъявляемые к бентонитовым (глинистым) растворам

В период строительства подземных сооружений способом «стена в грунте» необходимо обеспечить временную устойчивость вертикальных стен траншей (до укладки бетона в отдельные секции). Эту функцию выполняет бентонитовый (глинистый) раствор.

Сущность процесса, происходящего в зоне контакта «глинистый раствор — грунтовая стена в траншее», состоит в том, что под воздействием избыточного давления со стороны раствора мельчайшие частицы глины проникают в поры грунта, закупоривают их с образованием на поверхности стенки траншеи водонепроницаемой глинистой пленки толщиной 2...5 мм. Глубина кольматации грунта зависит от коэффициента фильтрации, наличия грунтовых вод, глубины траншеи и свойств глинистого раствора.

Кольматация грунта и образование глинистой пленки происходят в основном под воздействием осмотических явлений, возникающих при разности плотности глинистого раствора (1,05...1,15 г/см^3) и грунтовой воды (1 г/см^3). Процесс кольматации грунта происходит лучше тогда, когда глинистый раствор имеет следующие свойства: условную вязкость 10...30 с; водоотдачу за 30 мин $\leqslant$ $\leqslant$30 см; отстой воды $\leqslant$4%; стабильность $\leqslant$0,02 гс/см^3; статическое напряжение сдвига $\leqslant$10...50 Па через 10 мин после его перемешивания; содержание песка $\leqslant$4 %; плотность — 1,05...1,15 г/см^3 при использовании бентонитовых глин и 1,15...1,3 г/см^3 при использовании других глин.

Качество глинистых растворов во многом зависит от минералогического состава и физико-механических свойств глин: гидрофильности, пластичности, набухаемости и способности диспергироваться в воде на мельчайшие частицы. Этим требованиям более всего удовлетворяет бентонит, содержащий в основном монтмориллонит. Поскольку он дорогой (28 руб/м^3), глинистые растворы можно приготовлять на местных полиминеральных глинах, содержащих 40... 50 % глинистых частиц с числом пластичности до 18...20. Раствор готовят в механических и гидравлических смесителях из комовой глины или глинопорошка.

В период разработки грунта в секциях глинистый раствор загрязняется. Для очистки его применяют либо отстойники, где крупные фракции шлама оседают на дно, либо механический способ, когда зашламованный раствор пропускается через вибросита или

специальные устройства: сепараторы, гидроциклоны, турбоциклоны, центрифуги и т. д. После очистки раствора и придания ему прежних свойств он снова подается по трубопроводам в форшахту. Такой замкнутый цикл значительно уменьшает расход глинистого раствора и снижает стоимость строительства.

8.33. Технология устройства подземных сооружений из сборных элементов с использованием способа «стена в грунте»

Способ «стена в грунте» в монолитном варианте кроме своих достоинств, о которых говорилось ранее, имеет и некоторые недостатки: невозможно построить ограждающие стены с предварительно напряженной арматурой; снижается на 25...30 % сила сцепления бетона с арматурой вследствие того, что арматурный каркас опускается в глинистый раствор; трудно получить гладкую фактурную поверхность, выходящую внутрь помещения. В сборном варианте эти недостатки устраняются.

Существуют различные способы возведения стен из сборных элементов. При глубоком заложении подземного сооружения подпорная стенка может быть возведена в сборно-монолитном варианте, т. е. снизу (до расположения водоупорного слоя грунта) стена возводится монолитной, а сверху — из сборных элементов, заделанных внизу в монолитном бетоне.

НИИСП Госстроя УССР разработал технологию, в соответствии с которой после отрыва траншеи механизмом *8* под слоем глинистого раствора *7* на ее дно укладывают слой щебня толщиной 100...150 мм, а затем устанавливают краном *4* стеновые панели *5* с помощью кондуктора *6* (рис. 8.51, *а*, *б*). Для замоноличивания внизу стеновых панелей способом ВПТ в траншею укладывают краном *3* бетонную смесь слоем 1...1,5 м. Пространство между наружной плоскостью стены и вертикальной плоскостью траншеи засыпают мелким камнем и щебнем *9* с нагнетанием в него цементного раствора М25. Пазуху с внутренней стороны гаража засыпают с помощью экскаватора *1* мелким щебнем, гравием или крупнозернистым песком *2*, который в глинистом растворе быстро консолидируется. Для обеспечения плотности и водонепроницаемости стены, возведенной из сборных элементов, применяют различные конструктивные решения стыков. На рис. 8.51, *в* монолитность стыка обеспечивается укладкой в него бетонной смеси способом ВПТ или раствора, а на рис. 8. 51, *г* сборные элементы соединяются друг с другом в шпунт. Это — надежное соединение, но требует повышенной точности выполнения технологических операций, так как малейшее отклонение панели от вертикали приводит к образованию щелей внизу стены. Более надежное и менее трудоемкое соединение показано на рис. 8.58, *ж*, *з*, в котором между уголками *14*, приваренными внизу и вверху к панели *13*, перемещается направляющий инвентарный двутавр *15*, фиксирующий проектное положение панели. Ограждающая стенка может быть возведена из тавровых железобетонных стоек *16* (рис. 8.51, *д*), внизу защемленных в бе-

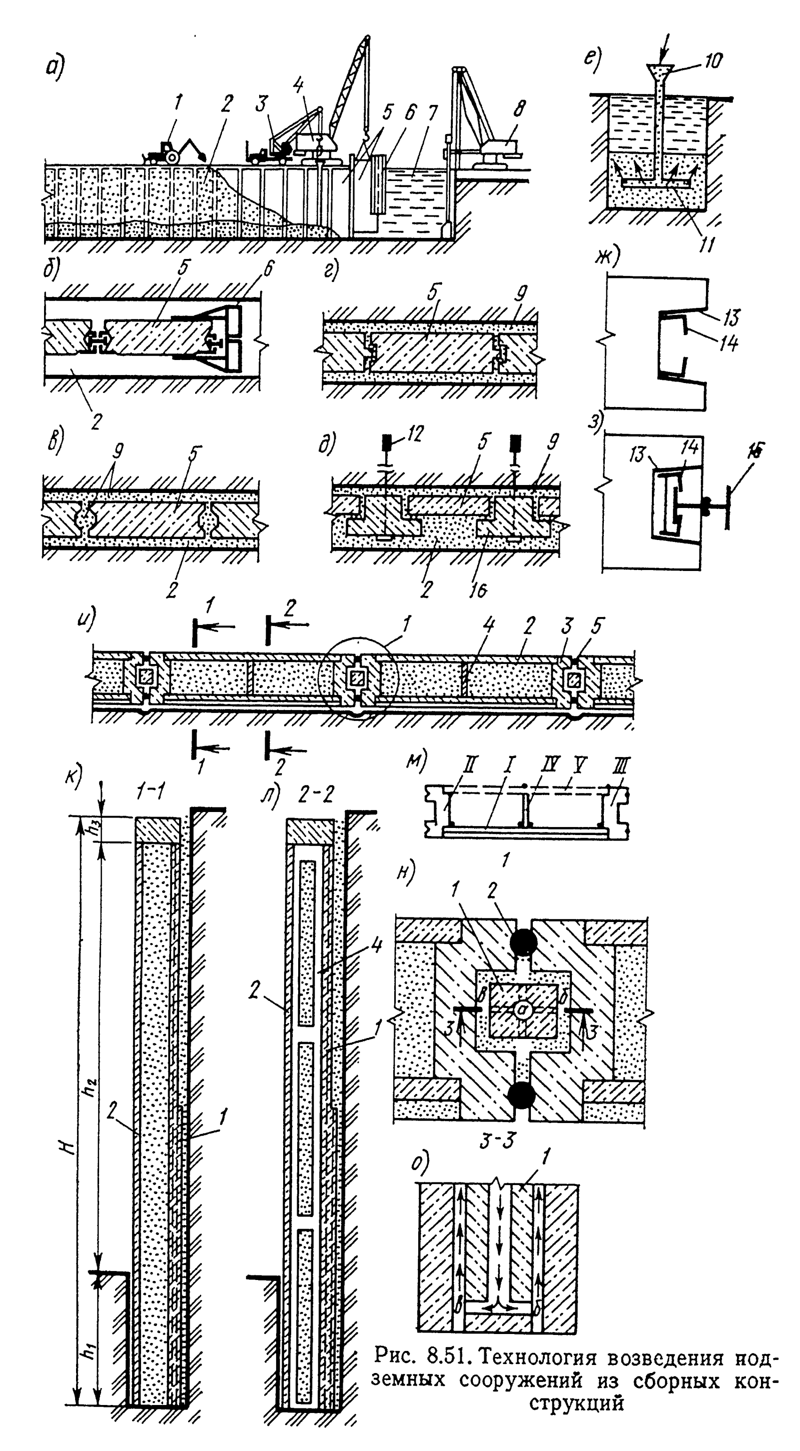


Рис. 8.51. Технология возведения подземных сооружений из сборных конструкций

тоне, и опирающихся на них панелей *5*. Горизонтальное усилие от грунта в верхней части стоек воспринимается анкерами *12*. Устройство такой стенки требует точной установки стоек в двух вертикальных плоскостях, что затрудняет технологию их монтажа.

В зарубежной практике подземные сооружения из сборных элементов возводят по следующей технологии. Под слоем глинистого раствора отрывается траншея длиной на 2...3 стеновых панели (плюс 200...300 мм). Перед тем как приступить к монтажу стены, из секции удаляют глинистый раствор и заменяют цементно-песчано-глинистым. Для этого применяют трубу диаметром 100 мм с воронкой *10* сверху и с перфорированным распределительным патрубком внизу *11* (рис. 8.51, *е*). Залитый в воронку цементно-песчано-глинистый раствор с плотностью 1,28...1,3 г/см³ выходит из патрубка, вытесняя из траншеи глинистый раствор, как более легкий. При этом заполняются раствором не только пазухи с обеих сторон стены, но и вертикальные каналы в стыках. Цементно-песчано-глинистый раствор подбирают такого состава, что через сутки он приобретает пластичное состояние и на второй день можно разрабатывать грунт на смежной секции. Жесткость сборной стенки обеспечивается устройством верхнего монолитного пояса.

Недостаток подпорных стен, возведенных из сборных элементов: много вертикальных швов (через 1,5 м), что ухудшает их водонепроницаемость; при высоте стены более 10...12 м невозможно увеличивать ширину стеновой панели более чем на 1,5 м с массой более 27 т, так как это осложнит технологию их изготовления, транспортировки и монтажа кранами большой грузоподъемности в стесненных условиях городской улицы.

Увеличить размеры стеновых панелей возможно, если применить напряженно-армированные оболочки. Они позволяют уменьшить не только количество вертикальных швов, но и расход высокомарочного бетона. Состоит она из двух напряженно-армированных плит: наружной *1* и внутренней *2* (рис. 8.51, *и*, *к*, *л*), соединенных между собой диафрагмами *3* и *4*. На рис. 8.51, *м* показан порядок сборки такой оболочки на заводе и соединения отдельных элементов между собой с помощью сварки закладных элементов. В собранном виде оболочку доставляют на объект, где устанавливают в проектное положение ранее описанным способом, а внутреннее пространство между плитами оболочки заполняют тощим бетоном способом ВПТ. При общей толщине стены, например, 80 см и толщине предварительно напряженных плит 10 см можно сэкономить металл и до 70 % высокопрочный бетон М300, заменив его тощим бетоном М100 и менее (в неглубоких сооружениях это пространство может быть заполнено песком с гравием).

С одной стороны каждой оболочки на заводе наклеивают два гернитовых жгута *2* (рис. 8.51, *н*) диаметром 40 мм. При установке смежного блока они обжимаются до 40 % своего первоначального объема. В пространство между оболочками устанавливают замыкающий железобетонный элемент *1* (рис. 8.51, *н*, *о*) с отверсти-

ем в центре, через которое нагнетается цементный раствор М1
и тем самым обеспечивается хорошая герметичность вертикальн
го шва.

8.34. Опускные колодцы, погружаемые в тиксотропной рубашке

Подземные сооружения можно возводить с помощью опускн
колодцев. Стены колодца могут быть монолитные и сборные, ч
определяется назначением подземного сооружения и местными у
ловиями: геологическим напластованием грунтов, уровнем грунт
вых вод, наличием вблизи существующих зданий и т. д.

До начала основных работ по устройству опускного колод
необходимо выполнить подготовительные работы. По перимет
будущего колодца отрывают круглую траншею (форшахту) глуб
ной 1 м. В готовую траншею укладывают арматурный каркас и б

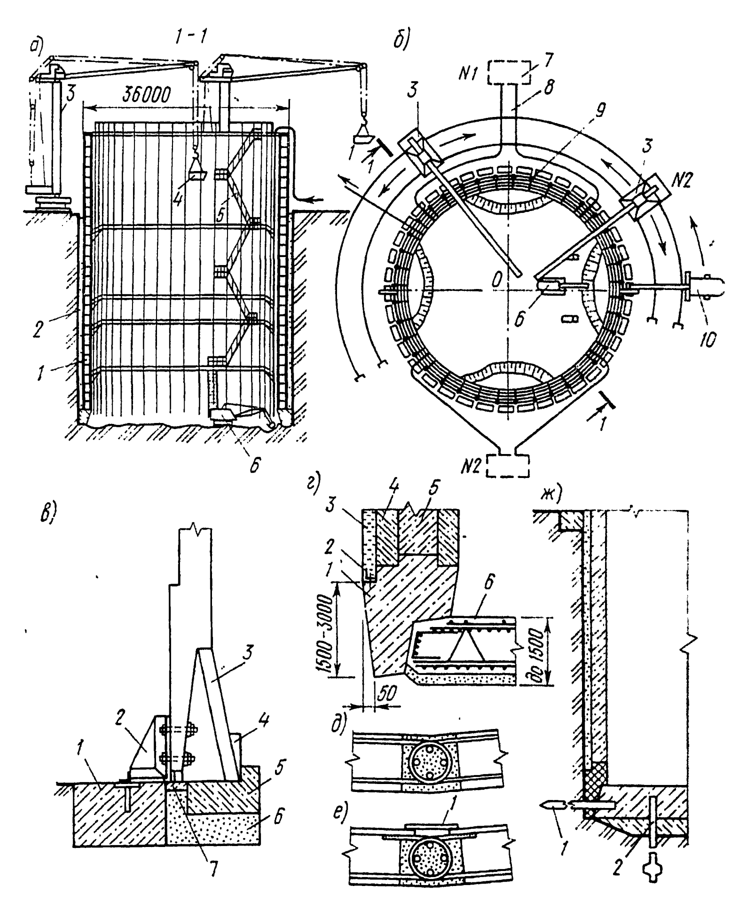


Рис. 8.52. Технология устройства подземного сооружения с применением опускного колодца в тиксотропной рубашке

тон *1* (рис. 8.52, *в*). Сбоку форшахты под ножевую часть колодца в траншею засыпают песок *6*, на который укладывают фундаментный блок *5*. Первый ярус монтируемых стеновых элементов устанавливают на железобетонные плиты *7* и закрепляют слева к стальным упорам *2* с помощью болтов, а справа — подкосами *3* из бревен $d=180$ мм и клиньями *4*. Когда кольцо 1-го яруса замкнуто, омоноличены швы между стеновыми панелями *1* (рис. 8.52, *а*, *б*), сделан верхний монолитный пояс, то начинается разработка грунта. Для уменьшения сил трения грунта о стенки колодца устраивают тиксотропную рубашку *2*, заполняемую глинистым раствором. Суспензию приготовляют в установке *7* (рис. 8.52, *б*), по резиновым шлангам *8* нагнетают в коллектор *9*, а из него по инъекционным трубам — в тиксотропную рубашку *2*.

Рабочие опускаются в колодец по металлической лестнице *5*. Для безопасных условий работ устраивают подвесные подмости. Пространственная жесткость колодца обеспечивается монолитным железобетонным поясом. Монтаж стеновых блоков кольца производится с помощью крана *10*.

Два башенных крана *3* с помощью бадьи *4* вместимостью 1,5 м^3 удаляют грунт из опускного колодца и погружают его на автосамосвалы. Грунтовые воды из котлована удаляют насосом и по трубе перекачивают в городской водосток. Для равномерного опускания оболочки колодца грунт в котловане разрабатывают экскаватором *6* симметрично относительно двух осей, проходящих через центр колодца О с постепенным увеличением объема выемки на каждом участке. По окончании разработки грунта на полную глубину колодца в тиксотропные рубашки нагнетают цементный раствор М50 на сульфатостойком портландцементе М300. После этого начинают устройство железобетонного днища *6* (рис. 8.52, *г*). Для этого вначале необходимо сделать выравнивающую подготовку толщиной 100 мм из гранитного или кварцевого щебня с проливкой его битумом БН-III или БН-IV. Сверху подготовки укладывают асфальтовую стяжку толщиной 20 мм, затем оклеечную гидроизоляцию.

При высоком уровне грунтовых вод, чтобы исключить всплытие колодца, предусматривают следующие мероприятия: в тиксотропную рубашку нагнетают тампонажный цементный раствор; сверху колодца устраивают воротник или применяют горизонтальные *1* и вертикальные *2* анкеры (рис. 8.52, *ж*).

Внизу опускного колодца находится монолитная ножевая часть *1* (рис. 8.52, *г*), на которой располагают сборные пустотелые или монолитные блоки *4*, последние замоноличиваются в вертикальных швах по типу петлевого стыка Передерия (рис. 8. 52, *д*) или с помощью стальной накладки *1*, привариваемой к листам внутренней металлической гидроизоляции (рис. 8.52, *е*). Пространство между сборными блоками *4* (см. рис. 8,52, *г*) заполняют тощим бетоном *5*. Тиксотропную рубашку *3* устраивают с помощью уширенной ножевой части *1*, диаметр которой на 200 мм больше наружного диаметра оболочки колодца. В зависимости от диаметра, глубины колод-

ца и вида грунта применяют различные профили ножевой части. Чтобы исключить проникание тиксотропной суспензии в котлован, сверху уступа ножевой части устраивают трехслойный резиновый манжет *2* или уплотнитель. Рубашку (зазор между грунтом и стенкой колодца) заполняют тиксотропной суспензией (приготовленной из тяжелых глин), которая одновременно исключает и обвал грунта.

8.Д. ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ РАБОТ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

8.35. Теоретические основы зимнего бетонирования

Вопросами зимнего бетонирования в дореволюционной России занимались русские ученые Н. И. Богданов, Н. А. Житкевич, И. А. Киреенко, а в Советском Союзе начиная с первой пятилетки и позже советские ученые С. А. Миронов, В. Н. Сизов, Б. Г. Скрамтаев, А. Е. Десов, С. В. Шестоперов, В. И. Сорокер, И. М. Френкель и др.

При замерзании бетона содержащаяся в нем свободная вода превращается в твердое тело и процесс гидратации цемента, а следовательно, и твердения бетона прекращается. После оттаивания бетона твердение его возобновляется, но конечная прочность оказывается ниже, чем у бетона, твердеющего в обычных условиях. Чем в более раннем возрасте замерз бетон, тем меньше его конечная прочность. Объясняется это тем, что свободная вода (не вступившая в химическую реакцию с цементом) при замерзании увеличивается в объеме на 9 % и разрушает его неокрепшие структурные связи в свежеуложенном бетоне.

Чтобы не было потери прочности бетона в монолитных или сборно-монолитных конструкциях, к моменту замерзания бетон без противоморозных добавок должен иметь: не менее 50 % проектной прочности для бетона до М150; 40 % — для бетонов М200 и М300; 30 % — для бетонов М400 и М500; 80 % — при изготовлении предварительно напряженных конструкций, а также конструкций пролетных строений мостов и других ответственных сооружений; 100 % — в конструкциях, подвергающихся сразу после выдерживания действию расчетной нагрузки, а также в конструкциях, к которым предъявляются специальные требования по морозостойкости и водонепроницаемости.

С противоморозными добавками бетон к моменту его охлаждения до температуры, на которую рассчитано количество добавок, должен иметь: 30 % от R_{28} для М200, 25 % — для М300 и 20 % — для М400.

Для обеспечения этих требований в зимних условиях бетон необходимо укладывать с применением *безобогревного выдерживания* или методов *искусственного прогрева конструкций*. При безобогревном выдерживании применяют способ термоса или бетоны с противоморозными добавками (холодные бетоны). При искусственном прогреве бетона используют: электропрогрев с помощью ге-

нераторов инфракрасных лучей, индукционный, электродный и комбинированный (электротермос) способы; имеют место случаи паропрогрева бетона и прогрев теплым воздухом. Интенсификация твердения бетона, особенно в зимних условиях, необходима для сокращения срока строительства, снятия опалубки и увеличения ее оборачиваемости.

8.36. Способ термоса

Твердение бетона при этом способе происходит с использованием того количества теплоты, которую он получил в период приготовления (от подогрева воды и инертных материалов), и теплоты, выделяемой цементом в период его гидратации (экзотермии). Суммарного количества теплоты должно быть достаточно, чтобы в определенной среде при остывании бетона до 0 °С он набрал бы необходимую прочность. Это условие определяют уравнением теплового баланса, предложенным проф. В. Г. Скрамтаевым

$$\rho C t_{\text{н.б}} + \text{Ц}Q = M_{\text{п}} k \alpha \tau (t_{\text{ср.б}} - t_{\text{н.в}}), \qquad (8.1)$$

где ρ — плотность бетона, кг/м³; C — удельная теплоемкость бетона, Дж/(кг·°С); $t_{\text{н.б}}$ — начальная температура бетона конструкции, $t_{\text{н.б}}$=20...30 °С; Ц — расход цемента на 1 м³ бетона, кг; Q — количество теплоты, выделяемой 1 кг цемента при его гидратации в течение времени τ; $M_{\text{п}}$ — модуль поверхности конструкции; k — коэффициент общей теплопередачи ограждения опалубки и теплоизоляции, Вт/(м²·°С); α — поправочный коэффициент, зависящий от силы ветра, вида утеплителя и качества устройства теплозащиты; τ — продолжительность остывания бетона от температуры после его укладки до 0 °С; $t_{\text{н.в}}$ — средняя температура наружного воздуха за период остывания бетона до 0 °С; $t_{\text{ср:б}}$ — средняя температура бетона за период его остывания до 0 °С.

Левая часть уравнения (8.1) выражает запас теплоты в бетоне, а правая — потери теплоты в атмосферу за период остывания бетона от средней температуры до 0 °С. Продолжительность остывания бетона зависит не только от объема конструкции, но и от ее формы, т. е. величины поверхности охлаждения. Модуль поверхности бетона определяют как отношение охлаждаемой поверхности к объему конструкции $M_{\text{п}}=A/V$. Массивные конструкции (фундаменты мостов, эстакад и др.) имеют $M_{\text{п}} \leqslant 3$, у конструкций средней массивности (балок, ригелей, колонн) $M_{\text{п}}$=3...8, а в тонкостенных конструкциях (плитах перекрытий, сводах-оболочках) $M_{\text{п}} \geqslant$8..12. Способ термоса эффективен в конструкциях массивных и средней массивности с $M_{\text{п}} \leqslant 8$.

Средняя температура бетона за период остывания до 0 °С

$$t_{\text{ср.б}} = t_{\text{н.б}}/(1{,}03 + 0{,}181 M_{\text{п}} + 0{,}006 t_{\text{н.б}}),$$

где 1,03; 0,181; 0,006 — эмпирические коэффициенты.

Коэффициент теплопередачи

$$k = \beta/(0{,}05 + h_1/\lambda_1 + h_2/\lambda_2 + h_3/\lambda_3),$$

где β — поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от условий обертывания и вида утеплителя (для обычных условий $\beta = 1,3...2,6$); h_1, h_2, h_3 — толщины отдельных слоев утеплителя (включая и опалубку), м; λ_1, λ_2, λ_3 — коэффициенты теплопроводности материалов каждого из слоев утеплителя, Вт/(м^2·°С).

Зная, какую прочность должен иметь бетон к моменту его замерзания при средней температуре $t_{ср.б}$, находим срок выдерживания в сутках (по таблицам). Задаваясь расходом цемента с определенным тепловыделением, значением коэффициента α и $t_{н.б}$, определяем требуемый коэффициент теплопередачи, а по нему и толщину слоя утеплителя.

При укладке бетонной смеси по способу термоса на ранее уложенный и замерзший бетон поверхность последнего должна быть отогрета на глубину, предусмотренную проектом. При температуре воздуха ниже —10 °С арматура диаметром более 25 мм, а также арматура из жестких прокатных профилей и крупные металлические закладные части должны быть перед укладкой бетонной смеси отогреты до положительной температуры.

Максимальная температура бетонной смеси при выходе ее из смесителя не должна превышать: 45 °С для бетонов, приготовленных на шлакопортландцементе М200...М300; 40 °С — на портландцементе М300 и пуццолановом портландцементе М200; 35 °С — на портландцементе и шлакопортландцементе М400 и выше и пуццолановом портландцементе М300 и выше; 25 °С — на глиноземистом цементе.

Чтобы ускорить процесс твердения бетона, необходимо: использовать быстротвердеющие и высокомарочные цементы, правильно подбирать состав бетонной смеси, применять чистые заполнители необходимых фракций; приготовлять бетонную смесь с минимальным водоцементным отношением; использовать эффективные методы изготовления, транспортировки и укладки бетона (увеличивать время перемешивания бетонной смеси на 25...50 %, устранять тепловые потери при транспортировке и укладке, применять вибрирование и вакуумирование бетона); применять ускорители твердения бетона.

8.37. Применение бетонов с противоморозными добавками

Бетоны с противоморозными добавками приготовляют с применением нитрита натрия $NaNO_2$ и поташа K_2CO_3. Для изготовления конструкций неармированных или с нерасчетной арматурой с защитным слоем бетона не менее 50 мм бетон формуют с добавками солей хлористого натрия ($NaCl$) в сочетании с хлористым кальцием ($CaCl_2$). Роль противоморозных добавок состоит в том, чтобы снизить температуру замерзания воды и тем самым продлить срок гидратации цемента.

Противоморозные добавки применять нельзя: при устройстве пролетных строений мостов; изготовлении предварительно напряженных конструкций; в конструкциях, подвергающихся динамичес-

ким нагрузкам, расположенных в зоне переменного уровня воды, находящихся в непосредственной близости (до 100 м) к источникам постоянного тока высокого напряжения, эксплуатируемых при относительной влажности воздуха более 60 % (если в зернах заполнителей размером более 0,12 мм имеется реакционноспособный кремнезем); при возведении монолитных дымовых и вентиляционных труб.

Бетоны, приготовленные с противоморозными добавками в виде хлористых солей, нельзя использовать для замоноличивания стыков сборных железобетонных конструкций, имеющих выпуски арматуры или стальные закладные части без специальной их защиты, а также для изготовления конструкций, в которых не допуска-

Таблица 8.1. **Рекомендуемые количества противоморозных добавок**

Наименование и сокращенное обозначение добавки	Расчетная температура твердения, °С		Количество добавки, % от массы цемента	Ориентировочная прочность раствора, % от марочной прочности, при продолжительности твердения, сут			
	от	до		7	14	28	90
Поташ (П)	0	—5	5...6	50	65	75	100
	—6	—10	6...8	30	50	70	90
	—11	—15	8...10	25	40	65	80
	—16	—20	10...12	25	40	65	70
	—21	—25	12...15	20	30	50	60
Нитрит натрия (НН)	0	—5	5...6	30	50	70	90
	—6	—10	6...8	20	55	50	70
	—11	—15	8...10	15	25	35	60
	—16	—20	9...10	10	20	30	50
Нитрит кальция и мочевина (НК+ +М) НКМ	0	—5	3...5	30	50	70	90
	—6	—10	6...9	20	55	50	70
	—11	—15	7...10	15	25	35	60
	—16	—20	9...12	10	20	30	50
Хлористый кальций и хлористый натрий (ХК+ХН)	0	—5	(0+3)...(2+3)	35	65	80	100
	—6	—10	(3,5+3,5)...(2,5+4)	25	35	45	70
	—11	—15	(4,5+3,5)...(5+3,5)	15	25	35	50
	—16	—20	(6+2,5)...(7+3)	10	15	20	40
ННХК, хлористый кальций и нитрит натрия (ХК+НН)	0	—5	3...5	40	60	80	100
	—6	—10	6...9	25	40	50	80
	—11	—15	7...10	20	35	45	70
	—16	—20	8...12	15	30	40	60
	—21	—25	10...14	10	15	25	40

ется повышенная гигроскопичность или появление высолов. Бетон с добавкой нитрита натрия нельзя применять в конструкциях, имеющих закладные части из алюминия и его сплавов без специальных защитных покрытий.

При твердении бетона с противоморозными добавками хлористых солей или нитрита натрия температура бетона должна быть не ниже —15 °С, а с добавкой поташа — не нижс —25 °С до момента получения бетоном прочности не менее 5МПа, а при особых требованиях к бетону по плотности и морозостойкости — не менее 50 % проектной прочности. Количество противоморозных добавок зависит от температуры наружного воздуха (бетона) (табл. 8.1).

Применяя бетоны с противоморозными добавками, следует иметь в виду, что в зимних условиях они медленно набирают прочность. Нарастание прочности бетона на портландцементах с противоморозными добавками происходит значительно медленнее и проектная прочность достигается только через 170...180 сут.

Противоморозная добавка НКМ, состоящая из нитрита кальция и мочевины, обладает рядом достоинств: не вызывает коррозии арматуры; увеличивает сцепление бетона с арматурой; бетон обладает повышенной морозостойкостью, долговечностью и пониженной водонепроницаемостью.

При возведении монолитных конструкций в вечномерзлых грунтах для ускорения твердения бетона, укладываемого в распор в траншеи, целесообразно применять добавки-ускорители твердения и противоморозные добавки: хлорид кальция (ХК); нитрит-нитрат-хлорид кальция (ННХК); хлорид кальция (ХК) с нитритом натрия (НН); соединение нитрита кальция с мочевиной (НКМ) или нитрата кальция (НК) и мочевины (М). Количество указанных добавок определяют из условия, чтобы не происходило размораживания грунта. Если подземные конструкции возводят в опалубке или они имеют изоляцию, исключающую проникание солей из бетона в вечномерзлый грунт, то возможно применять бетон с повышенным содержанием противоморозных добавок.

8.38. Термообработка бетона с применением генераторов инфракрасных лучей, индукционного способа и электротермоса

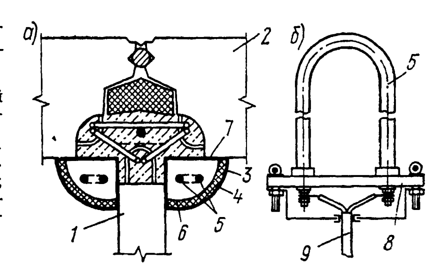
Работа **генераторов инфракрасных лучей** основана на использовании свойств инфракрасных лучей (электромагнитные колебания с длиной волны 0,76...500 мкм), которые, попадая на поверхность твердого тела, поглощаются им с преобразованием лучистой энергии в тепловую.

Генераторы инфракрасных лучей (ЭТ и трубчатые) применяют для самых различных целей — предварительного обогрева основания, арматуры, металлической опалубки, полости стыкуемых элементов в швах сборных конструкций, а также тепловой обработки уложенного бетона (особенно в густоармированных стыках).

Для теплообработки тяжелого бетона в шпонках вертикальных стыков панельных домов используют греющую опалубку (рис. 8.53). Плоскость, прилегающая к прогреваемым панелям, покрыта чер-

Рис. 8.53. Теплообработка бетона в вертикальных швах панельных домов генераторами инфракрасных лучей:

а — деталь монолитного стыка с греющей опалубкой; *б* — узел крепления генератора инфракрасных лучей; *1* — панель перегородки; *2* — панели наружных стен; *3* — наружный металлический лист; *4* — тепловая изоляция; *5* — U-образный генератор инфракрасных лучей; *6* — алюминиевый лист (экран отражения); *7* — внутренние греющие листы; *8* — электроизоляционная плита; *9* — электропривод



ным жаростойким лаком (для увеличения поглощающей способности). До замоноличивания стыка его полость предварительно прогревают генератором инфракрасных лучей в течение 0,5 ч до температуры 20 °С, а затем укладывают бетонную смесь с температурой не менее 10 °С. В местах расположения закладных стальных элементов применяют тяжелый бетон М200 на мелком щебне крупностью 5...10 мм, а на остальной части шва — легкий бетон.

Режим теплообработки бетона определяют расчетом в зависимости от температуры наружного воздуха, модуля поверхности, марки бетона, водоцементного отношения, необходимой прочности бетона в конце теплообработки и в среднем принимают: предварительное выдерживание при температуре 5...8 °С — 1,5...3 ч; изотермический прогрев при температуре бетона 70 °С — 6...10 ч и остывание до 5 °С при температуре воздуха —20 °С — до 20 ч. Указанный режим обеспечивает нарастание прочности бетона к концу его остывания 60...70 % от R_{28}. Расход электроэнергии составляет в среднем 120...150 кВт·ч на 1 м^3 бетона (в зависимости от температуры наружного воздуха). Для рационального использования электроэнергии включение и выключение генератора инфракрасных лучей обеспечивается автоматическим потенциометром ЭПЛ-120.

Замоноличивание стыков колонн производят в инвентарной металлической опалубке (рис. 8.54, *а*), состоящей из двух Г-образных элементов, скрепленных четырьмя болтами. Чтобы исключить вытекание бетона, внизу опалубки прикреплена резиновая проклад-

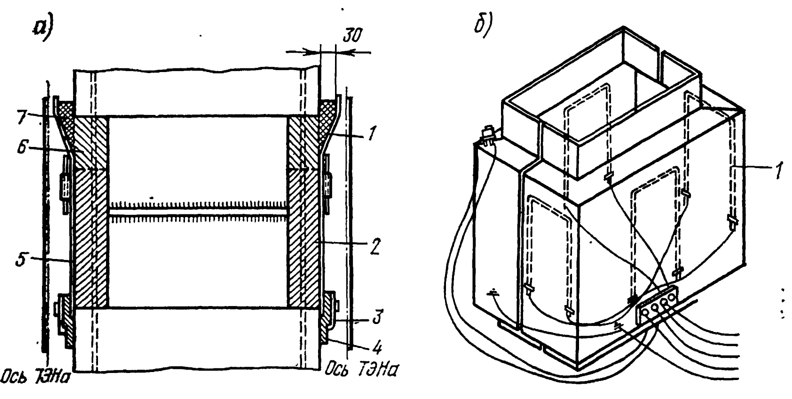


Рис. 8.54. Замоноличивание стыка и теплообработка бетона

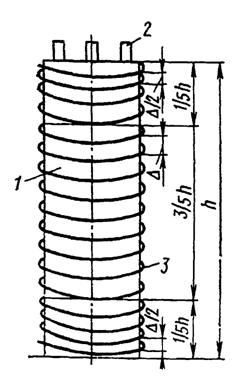


Рис. 8.55. Схема индуктора для прогрева бетона в монолитных конструкциях

ка *4* с помощью прижимной планки *3*. Когда в нижней части опалубки *2* будет уложен бетон (первая очередь бетонирования *5*), устанавливают верхнюю часть опалубки *1* и производят вторую очередь бетонирования *6*. Для создания подпора в верхней части стыка укладывают бетон *7* в уширенной части опалубки несколько выше, чем в самом стыке.

Теплообработку бетона ведут инвентарными съемными нагревателями с генераторами инфракрасных лучей. Нагреватель состоит из двух П-образных коробов (рис. 8.54, б), изготовленных из листового алюминия или листовой стали толщиной 1...1,5 мм. В одном коробе закреплено три U-образных инфракрасных нагревателя *1* типа НВС, а на другом — один. Нагреватели подсоединяют к напряжению 220 В и процесс теплообработки автоматически регулируется температурным реле ТР-100.

Индукционный прогрев монолитных железобетонных конструкций и стыков сборных элементов основан на использовании теплоты, возникающей в арматуре и металлической опалубке от индукционного (вихревого) тока в результате действия электромагнитной индукции. Если на возводимую железобетонную колонну *1* (рис. 8.55) или на стык колонн намотать изолированный провод-индуктор *3* и по нему пропускать переменный электрический ток, то магнитное поле индуктора будет пересекать металлическую опалубку, арматуру *2* и возбуждать в них индукционный ток, выделяя при этом определенное количество теплоты. В качестве индуктора используют изолированные провода марок ПРГ, АПРГ с медными и алюминиевыми жилами и резиновой или полихлорвиниловой изоляцией. Для проводов с медными жилами применяют нагрузку 90...290 А, а с алюминиевыми жилами — 75...210 А.

Температура теплообработки бетона зависит от шага (интервала) навивки провода, напряжения тока, размера конструкции, насыщения сечения металлом и удельной мощности. Значения этих величин определяют расчетом и по номограммам, приведенным во временных указаниях, разработанных лабораторией МИСИ им. В. В. Куйбышева и НИИМосстроем. В соответствии с приведенными номограммами можно производить теплотехнические расчеты для конструкций с периметром сечений 1250... 2500 мм, коэффициентом насыщения сечения металлом 0,5...3, удельной мощностью 0,05...0,6 и напряжением 50...121 В.

Индуктор навивается, например, на колонну высотой h с различным шагом. Чтобы обеспечить равномерный прогрев колонны, витки наматываются от середины колонны к ее концам с одинаковым шагом на высоте $3/5h$. На крайних участках высотой $1/5h$ шаг постепенно уменьшается до половины величины, принимаемой для средней части. В верхней части колонны на высоте $1/5h$

размещается 0,236N, а в средней ее части на высоте $3/5h$ — 0,528N (где N — расчетное количество витков). До укладки бетона предварительно прогревается металлическая опалубка и арматура. Уложенный бетон в первые 2...3 ч выдерживается при температуре +3...5 °С, что достигается включением через каждый час индуктора на 15...20 мин. Это способствует повышению конечной прочности бетона. Дальнейшую теплообработку ведут в соответствии с режимом, установленным расчетом.

Скорость разогрева монолитных конструкций индукционным методом зависит от вида опалубки, арматуры и модуля поверхности. В конструкциях с модулем поверхности <6; 6...10 и >10 при наличии деревянной опалубки и прутковой арматуры скорость разогрева принимают соответственно 5, 8 и 10 °С в час, а при наличии металлической опалубки, прутковой арматуры и жесткого каркаса — соответственно 8, 10 и 15 °С в час.

Опалубка и теплозащита снимаются при температуре бетона на поверхности конструкции не более 5 °С, а разность температур бетона и наружного воздуха не должна превышать: для конструкций с $M_п \leqslant 5$ — не более 20 °С, а с $M_п > 5$ — не более 30 °С.

Достоинство теплообработки бетона как генераторами инфракрасных лучей, так и индукционным способом состоит в следующем: достигается более равномерный прогрев бетона по сечению конструкции; возможно производить предварительный прогрев арматуры и металлической опалубки; не требуются дополнительные электроды, что позволяет уменьшить расход металла; повышается безопасность работ; снижается трудоемкость работ по сравнению с электродным способом. Генераторы инфракрасных лучей позволяют производить предварительный прогрев полости вертикальных швов и различные основания для укладки бетона.

Способ электротермоса предусматривает предварительный разогрев бетонной смеси и твердение ее в конструкции за счет аккумулированной теплоты и экзотермии цемента. По предложению А. С. Арбеньева, предварительный разогрев ее производят до 70 °С в специальных поворотных бадьях *1* (рис. 8.56, *а*), оборудованных пластинчатыми электродами *2*. К корпусу бадьи электроды одним концом прикрепляют с помощью гетинаксовых плит *3* и упорного

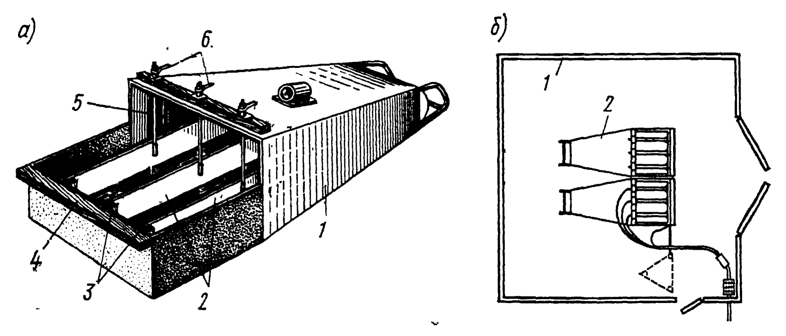


Рис. 8.56. Схема электроразогрева бетонной смеси в бадье

бруска *4*. Через токоприемное устройство *6* ток подводится к электродам через токопроводящие стержни *5*. Две такие бадьи устанавливают рядом на спланированной и огражденной площадке *1* (рис. 8.56, *б*), размещенной в зоне действия стрелы крана. После подогрева смеси до необходимой температуры кран снимает бадьи с площадки и подает их к месту укладки бетонной смеси. Бетонную смесь доставляют на строительный объект автосамосвалами и разгружают в бадьи *2*, где под напряжением 220...380 В за 8...16 мин она нагревается до температуры 60...70 °С. Подогретую бетонную смесь укладывают в конструкции с модулем поверхности 5... 12 без утепления, если толщина опалубки равна 40 мм. При температуре ниже —20 °С уложенный бетон в конструкцию с $М_п > 12$ необходимо утеплять слоем войлока или опилок толщиной 8...10 см.

8.39. Электропрогрев бетона

Электропрогрев бетона можно производить с помощью электродов, термоактивной опалубки, термоактивного гибкого покрытия и греющих проводов.

Электродный способ применяют для теплообработки бетона в конструкциях с $М_п=8...20$. Он основан на пропуске электрического тока между электродами через бетонную среду, в которой, как в добавочном сопротивлении, выделяется теплота (рис. 8.57, *а*).

В зависимости от расположения электродов по отношению к прогреваемой конструкции они подразделяются: на **внутренние** (глубинные) — закладываемые в тело бетона; **плавающие** — укладываемые на поверхность бетона или слегка втапливаемые в него; **нашивные** — прикрепляемые к внутренней поверхности опалубки коробов или инвентарных щитов.

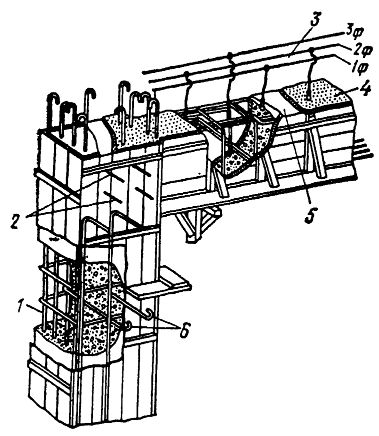


Рис. 8.57. Прогрев бетона глубинными стержневыми электродами:

1 — арматура; *2* — стержневые электроды; *3* — софиты; *4* — теплоизоляция; *5* — толь; *6* — крюки для временного крепления электродов

Для достижения равномерного распределения электрического и температурного поля в прогреваемом бетоне электроды должны находиться на определенном расстоянии друг от друга. Несоблюдение этого условия приводит к нарушению температурного режима, к перегреву бетона в приэлектродных зонах с интенсивным выпариванием из него влаги. Отсутствие необходимого количества воды для гидратации цемента приводит к снижению прочности бетона.

Минимальное расстояние между электродами и арматурой принимают при напряжении 52, 65, 87, 106 и 220 В соответственно 5, 7, 10, 15 и 500 мм. Так как расстояние 500 мм между электродом и арматурой вы-

держать в обычных железобетонных конструкциях практически невозможно, то при напряжении 220 В прогревают бетон неармированных конструкций. При малых размерах балок или колонн, в которых невозможно выдержать эти расстояния, электроды должны быть изолированы в местах примыкания или приближения к арматуре. Изоляцию выполняют в виде эбонитовых трубок, надетых на электрод, или оберткой его двумя слоями толя (рис. 8.57, *в*, *д*). Чем меньше расстояние между электродом и арматурой, тем больше нагревается бетон между ними. Расстояние между одиночными электродами при напряжении 52, 65, 86 и 106 В принимают соответственно 20, 25, 30 и 40 см.

Периферийный прогрев бетона осуществляют нашивными струнными электродами, которые прикрепляют к опалубке. Толщина прогреваемого периферийного слоя бетона равна половине расстояния между электродами. Для прогрева периферийного неармированного слоя бетона на большую глубину целесообразно применять высокое напряжение — 106...220 В. Равномерность прогрева бетона улучшается с увеличением диаметра электрода или количества электродов в каждой группе. В зависимости от применяемого напряжения в группе может быть 2...5 электродов $d=6$ мм с расстоянием между ними $h=3...6$ см.

При электродной теплообработке бетона необходимо соблюдать следующий режим: интенсивность подъема температуры 15 °С в час в каркасных и тонкостенных конструкциях с $M_п>10$; 10 °С — в конструкциях с $M_п=6...10$ и 8 °С в час — в конструкциях с $M_п<6$; остывание для этих же конструкций (чтобы исключить появление трещин) принимают соответственно 10 и 5 °С в час, а в массивных конструкциях — по расчету.

Максимально допустимую температуру разогрева бетона при электропрогреве конструкций с модулем поверхности 6...9, 10...15 и 16...20 принимают соответственно 70...80 и 60 °С — для бетонов, приготовленных на шлакопортландцементе и пуццолановом портландцементе, а также 65...70 и 55 °С — для бетонов на портландцементе и быстротвердеющем портландцементе.

Более эффективным способом термообработки бетона в зимних условиях является применение **термоактивной опалубки** (рис. 8.58, *а*). К внутренней поверхности металлической палубы прикреплен на кляммерах *2* электрический нагреватель *1*, который может быть в виде нагревательного кабеля марки КНМС (НК), трубчатого электронагревателя (ТЭН), сетчатого нагревателя конструкции НИИЖБ или тканевого ленточного углеродного нагревателя, наклеенного на внутреннюю поверхность металлической палубы. Над нагревателем (с зазором 15 мм) расположен отражательный экран *3*, выполненный из алюминиевой фольги или тонкого алюминиевого листа толщиной 0,5 мм. Для уменьшения тепловых потерь в атмосферу сверху отражателя уложены шлаковойлочные маты *4* толщиной 40 мм в оболочке из стеклоткани. Утеплитель закрыт крышкой *5* из водостойкой фанеры или листом стеклопластика. Равномерность прогрева бетонной конструкции достигается распределе-

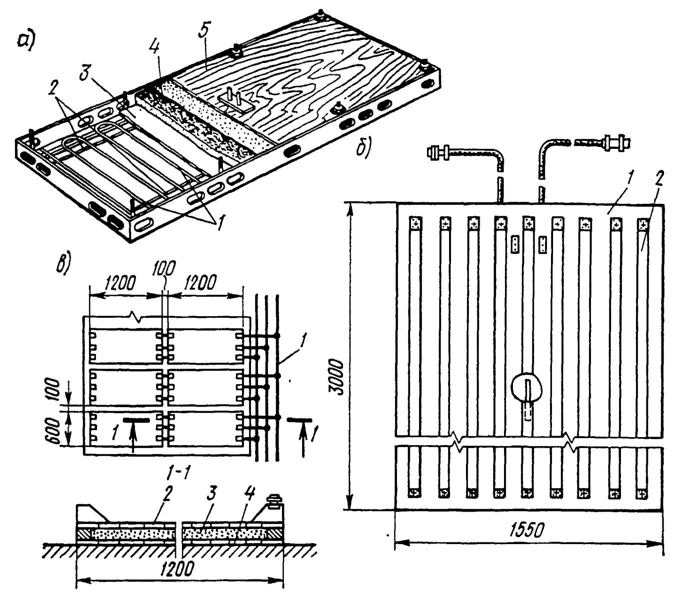


Рис. 8.58. Электропрогрев бетона

нием нагревателей по всей площади щита с шагом между нагревательным кабелем 50...70 мм. Сила тока 2...3 А, а погонная нагрузка на нагреватели не более 50 Вт/м; максимальная температура нагрева кабеля 800 °С, а на поверхности бетона 90 °С; срок службы кабеля 4000 ч.

Режим теплообработки бетона с автоматическим контролем заданных параметров обеспечивается специальной установкой УКТО-2 мощностью 126 кВт. Такая установка позволяет обслужить одновременно комплект термоактивной опалубки с суммарной площадью 300...400 м^2. Удельная мощность нагревателей определяется в зависимости от температуры наружного воздуха и модуля поверхности. Например, при температуре наружного воздуха — 20 °С и модуле поверхности 2...4 и 8...10 удельная мощность нагревателей принимается соответственно 600 и 900 Вт/м^2. Щиты термоактивной опалубки подсоединяются к установке с понижающими трансформаторами с помощью вилочного разъема.

Для термообработки бетона в различных монолитных конструкциях, в том числе и в стыках сборных элементов, применяют **нагревательные провода** марок ПОСХВ, ПОСХП, ПВЖ и др., сделанные из стальной оцинкованной проволоки диаметром 1...1,4 мм, покрытой теплостойкой пластмассовой изоляцией. Такие провода заделываются в бетон с предварительной намоткой их на арматурный каркас, а в бетонных конструкциях — на шаблоны. Провода подсоединяются к сети с напряжением 60...220 В и обеспечивают прогрев бетона до 70 °С при температуре наружного воздуха до —40 °С.

Теплообработку бетона в плоских конструкциях (бетонная под-

готовка, плиты перекрытий и покрытий, оболочки и др.) целесообразно производить с помощью **термоактивного гибкого покрытия** (рис. 8.58, *б*) — сшивного или клееного. В сшивном варианте (марка ТАГП-2/5Ш) применяют влагонепроницаемый сменный чехол из прорезиненной стеклоткани *1*, в котором размещена гибкая электронагревательная панель и теплоизоляция из трех слоев холстопрошивного стекломатериала. Электронагревательная панель состоит из слоя вязально-прошивной стеклоткани с пришитыми к ней ленточными тканевыми углеродными нагревателями *2*. Отличие второго варианта (марка ТАГП-1/3, 7К) от первого состоит лишь в том, что ленточные углеродные нагреватели вклеены или запрессованы между слоями прорезиненной стеклоткани, листовой резины или бутилкаучука.

Последние три способа термообработки бетона (термоактивная опалубка, нагревательные провода и термоактивные гибкие покрытия) создают более благоприятный температурно-влажностный режим, позволяют сократить расход металла (не нужны стержневые электроды) и уменьшить трудозатраты.

Для термообработки бетона в плоских конструкциях небольшой толщины и при малых объемах работ возможно применение более легких инвентарных электродных деревянных панелей размером 1200×600 мм (рис. 8.58, *в*). Состоят они из рамки, обшитой с двух сторон досками толщиной 20...25 мм. Между обшивками *2* располагают теплоизоляционный слой *3* (минеральный утеплитель) толщиной 50 мм. Снизу панели прикреплены три плоских (нашивных) электрода *4* сечением 40×4 мм, концы которых выходят на внешнюю поверхность панели и подсоединяются к сети трехфазного тока *1*.

8.40. Паропрогрев бетона

Паропрогрев применяют для ускорения процесса твердения бетона в тех случаях, когда невозможно применить ни один из вышерассмотренных способов или при теплообработке тонкостенных конструкций.

Используют периферийный паропрогрев, при котором вокруг конструкции создается паровая рубашка, и внутренний, когда пар пропускается по трубкам, уложенным в толще возводимой конструкции. По первому способу вокруг колонны (рис. 8.59, *а*) устанавливают утепленные щиты *1*, образующие паровую рубашку *4*. По гибкому шлангу *2* от котла подается пар под давлением не более 0,07 МПа. В паровой рубашке должна быть относительная влажность среды 95...100 %. Чтобы исключить большие перепады температур по высоте колонны, паровые рубашки устраивают с заглушками *3* через каждые 2...3 м. В каждый отсек паровой рубашки пар подается своим шлангом.

Равномерность прогрева плиты перекрытия достигают при двустороннем паропрогреве (рис. 8.59, *б*). В этом случае сначала пар поступает в нижнюю паровую рубашку *1*, а затем в верхнюю *2* через отверстие в плите. Для уменьшения тепловых потерь в атмос-

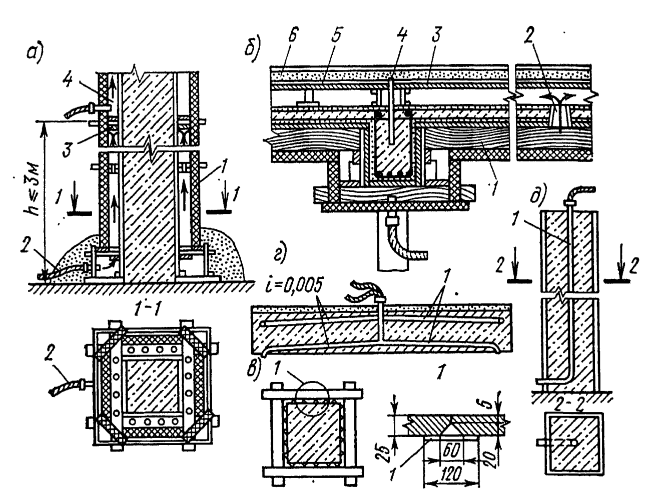


Рис. 8.59. Схемы паропрогрева бетона

феру и предохранения от увлажнения настил *3* сверху покрывают слоем толя *5* и опилок *6*. Эффективность тепловой обработки бетона в балках достигается применением температурных скважин *4*.

Устройство паровых рубашек вокруг колонн и балок требует больших дополнительных затрат труда и материалов. Чтобы уменьшить этот недостаток, целесообразно применять каппилярную опалубку (рис. 8.59, *в*). Пар в этом случае подается в нижний парораспределительный короб, а из него поступает во все «капилляры», образованные снятием фасок в смежных досках и сверху прикрытых полосками из кровельного железа *1*. Для уменьшения тепловых потерь в атмосферу и обеспечения равномерного прогрева бетона пар подается по трубкам *1*, заложенным внутри конструкции (рис. 8.59, *г*, *д*) с уклоном $i=0{,}005$ (для удаления конденсата). Вместо пара может быть использована горячая вода или подогретый воздух.

Интенсивность подъема температуры при паропрогреве принимают: 8 °С в час — в конструкциях с модулем поверхности $M_п=2...6$; 10 °С — в конструкциях с $M_п\geqslant6$ и 15 °С — в конструкциях с большим насыщением арматуры и длиной до 6 м. Максимальная температура бетона при паропрогреве не должна превышать: 70 °С — при применении быстротвердеющих цементов; 80 °С — при применении портландцемента и 90 °С — при применении шлакопортландцемента и пуццоланового портландцемента.

8.41. Другие способы производства бетонных работ в зимних условиях

Укладку бетона в тепляках производят в исключительных случаях при наличии технико-экономического обоснования. Тепляки возводят при строительстве подземных коллекторов, тоннелей, опор

мостов и подпорных стенок из инвентарных легких элементов или в виде пневматических сооружений над участком укладки бетона. В закрытом замкнутом пространстве под тепляком нагревается воздух различными источниками теплоты до заданной величины. Когда бетон при положительной температуре в тепляке (не ниже 5 °С) наберет прочность, предусмотренную проектом, тепляк демонтируют или на колесах перекрывают на новую позицию.

Если котлован или траншею ленточных фундаментов заглубляют в талый грунт на 1/3 максимальной глубины промерзания, то твердение бетона может происходить за счет использования теплоты, которая накоплена грунтом в период летнего времени. Бетон в такие траншеи или котлован необходимо укладывать с температурой не ниже 10 °С. Для уменьшения тепловых потерь в атмосферу траншеи сверху перекрывают утепленными щитами.

Применяя вышерассмотренные способы теплообработки бетона в зимних условиях, необходимо соблюдать следующие режимы. **Одностадийный режим** (рис. 8.60, *а*) применяют для термосного выдерживания бетона, который укладывают с начальной температурой 20...30 °С. После утепления бетона его температура несколько повышается за счет экзотермии цемента (участок *1—2*), а за время τ_{ox} бетон остывает до 0 °С и набирает необходимую прочность (участок *2—3*).

Двухстадийный режим (рис. 8.60, *б*) используют при термосном выдерживании бетона с противоморозными добавками. Бетон, уложенный с начальной температурой $t_{б.н}$, за время $\tau_{ох.т}$ твердеет при положительной температуре (участок *1—2—3*), а за время $\tau_{ох.м}$ — при отрицательной температуре (участок *3—4*).

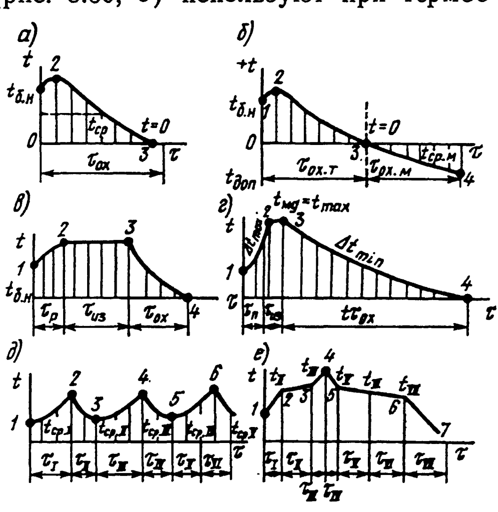


Рис. 8.60. Режимы теплообработки бетона

Трехстадийный режим (рис. 8.60, *в*) применяют при теплообработке бетона с искусственным прогревом генераторами инфракрасных лучей, индукционным, электродным способами, с использованием пара и теплого воздуха. В первой стадии за время $\tau_р$ происходит разогрев бетона (участок *1—2*), во второй за время $\tau_{из}$ — изотермический прогрев (участок *2—3*) и в третьей стадии за период $\tau_{ох}$ — охлаждение бетона (участок *3—4*).

Для более рационального использования теплоты может применяться эффективный режим (рис. 8.60, *г*), при котором происходит

интенсивный разогрев бетона (участок *1 — 2*), кратковременный изотермический прогрев (участок *2—3*) и медленно термосное остывание (участок *3—4*).

Многостадийный режим (рис. 8.60, *д, е*) состоит из нескольких стадий разогрева, изотермического прогрева и остывания бетона, что зависит от заданного состава бетона, активности цемента и необходимой прочности.

При производстве бетонных работ в зимних условиях осуществляется контроль за приготовлением, укладкой и условиями твердения бетона. На заводе товарного бетона ведут замер температуры подогреваемой воды, заполнителей и бетонной смеси по выходе ее из смесителя. На месте укладки измеряют температуру наружного воздуха и бетонной смеси. При бетонировании по способу термоса (включая и бетоны с противоморозными добавками) замер температуры производят два раза в сутки до окончания выдерживания; при паропрогреве в первые 8 ч — через 2 ч, в последующие 16 ч — через 4 ч, а в остальное время прогрева и остывания — не реже трех раз в сутки; при электропрогреве в первые 3 ч — через каждый час, в остальное время прогрева — через 2...3 ч. Температуру наружного воздуха или окружающей среды измеряют не реже трех раз в сутки.

Измерение температуры бетона осуществляют термометрами сопротивления или термопарами в скважинах глубиной 50...100 мм, а при искусственном обогреве — в глубинных скважинах.

Контроль за нарастанием прочности бетона производят взятием проб (в каждой пробе три серии образцов), выдерживаемых в таких же условиях, в каких происходит твердение бетона в конструкции. Все результаты наблюдений и проверки прочности образцов должны быть занесены в журнал бетонных работ, а данные о методах и сроках выдерживания с указанием температуры бетона — в ведомость контроля температур.

8.42. Охрана труда при производстве бетонных работ

До начала бетонных работ необходимо проверить исправность тары для подъема и укладки бетона. При укладке бетонной смеси с помощью автомобильного крана разгрузку бадьи можно производить лишь тогда, когда она будет находиться от поверхности конструкции не выше 1 м.

Если бетонную смесь транспортируют бетононасосами, то необходимо: до начала работ очистить замковые соединения бетоновода, плотно их запереть, а сам бетоновод испытать гидравлическим давлением, в 1,5 раза превышающим рабочее; у выходного отверстия бетоновода установить козырек-отражатель, а в период очистки бетоновода сжатым воздухом поставить деревянный щит с небольшим наклоном в сторону бетоновода. Все рабочие при этом должны быть удалены от выходного отверстия бетоновода на расстояние не менее 10 м. При очистке бетоновода давление сжатого

воздуха не должно превышать 1,5 МПа, а последние два звена необходимо очищать при давлении, близком к атмосферному. Снимать отдельные звенья бетоновода, а также производить ремонт замковых соединений разрешается полько после прекращения работы бетононасоса. Моторист бетононасоса должен быть связан системой сигнализации с рабочими, укладывающими бетонную смесь.

Применяемые для спуска бетонной смеси лотки, виброжелоба, вибропитатели, хоботы и виброхоботы следует содержать в исправном состоянии, хорошо закреплять, а электропроводку заключать в резиновые шланги.

Если укладку бетонной смеси производят на высоте более 1,5 м, то рабочее место бетонщиков должно быть ограждено перилами. Рабочим, укладывающим бетонную смесь в конструкцию с уклоном более 20°, необходимо пользоваться предохранительными поясами. При уплотнении бетонной смеси электровибраторами рабочие должны надевать резиновые сапоги и перчатки. Корпус электровибратора необходимо заземлить.

Применяемое для электропрогрева оборудование и провода должны быть надежно ограждены, а корпуса электрооборудования — заземлены. Нельзя прокладывать провода непосредственно по грунту или опилкам. Во время оттепели и в сырую погоду запрещается производить электропрогрев на открытом воздухе. Для электропрогрева бетона необходимо применять напряжение не более 127 В, а большее напряжение (220 и 380 В) разрешается использовать для прогрева бетона только в неармированных конструкциях.

При паропрогреве бетона во избежание ожогов рабочих все паропроводы должны быть изолированы и ограждены. Давление пара в пароразводящих шлангах не должно превышать 0,05 МПа.

Для приготовления холодных бетонов разводить хлористый кальций разрешается при наличии у рабочих защитных очков и рукавиц.

Глава 9. МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

9.А. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ

9.1. Общие сведения

Первые сборные железобетонные конструкции в России начали применять в начале XX в. Так, в 1902 г. в Ростове-на-Дону для устройства покрытий промышленных зданий использовались пустотелые настилы. Применение сборных элементов большой массы тормозилось отсутствием монтажных кранов и базы для изготовления железобетонных конструкций.

Строительство зданий из крупных блоков в СССР началось в 1927 г. в Москве, а в последующем — в Ленинграде, на Украине и в других городах. Крупные кирпичные блоки получили распростра-

нение в послевоенный период, когда инж. В. С. Ребриков усовершенствовал технологию их изготовления.

С 1951 г. началось возведение домов из сборных элементов во многих городах Советского Союза. Для снижения стоимости и сроков строительства необходимо было перейти на индустриальные методы изготовления конструкций и создать индустриальную базу. Широкое развитие получило строительство зданий из блоков и панелей после 1954 г., когда было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О развитии производства сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства». В это время стройки стали оснащаться большим количеством башенных кранов, позволивших механизировать монтажные работы.

В 1982 г. выпуск сборных железобетонных конструкций в Советском Союзе составил 123 млн. м^3. Из сборных конструкций кроме жилых и общественных зданий монтируются мосты, эстакады, тоннели, подземные пешеходные переходы, коллекторы, набережные и др. Сборные конструкции и детали лучшим образом удовлетворяют требованиям индустриализации строительства; их применение сокращает сроки и стоимость возводимых зданий и сооружений, повышается качество заводского изготовления.

В настоящее время уделяется большое внимание строительству зданий из объемных блоков.

В 1982 г. объем крупнопанельного жилищного строительства составил свыше 65 % от общего объема строительства.

При монтаже зданий и сооружений необходимо выполнить комплекс подготовительных и основных процессов. К подготовительным процессам относят: транспортирование, складирование, хранение сборных элементов, подготовку их к монтажу, укрупнительную сборку и усиление конструкций, выбор такелажных и монтажных приспособлений. В результате выполнения основных процессов монтируемый элемент устанавливают в проектное положение с обеспечением ему необходимой устойчивости и пространственной жесткости. Так, для монтажа панели подпорной стенки транспортного пересечения в разных уровнях необходимо выполнить такелажные работы, подать ее к месту установки, временно закрепить, выверить и замонолитить в фундаменте. Процесс замоноличивания состоит из отдельных операций: очистки и промывки фундамента, транспортирования, укладки и уплотнения бетона с обеспечением необходимого температурно-влажностного режима. Состав и порядок выполнения процессов и операций зависят от вида конструктивного элемента.

При строительстве в стесненных условиях (на городских улицах) транспортных пересечений в разных уровнях, подземных пешеходных переходов, коллекторов применяют монтаж с транспортных средств. При наличии свободных территорий (и по другим местным условиям) строительство жилых домов может осуществляться с приобъектного склада (рис. 9.1), хотя оно менее экономично, чем монтаж с транспортных средств.

Подъездные пути перемещают вблизи башенного крана и по гра-

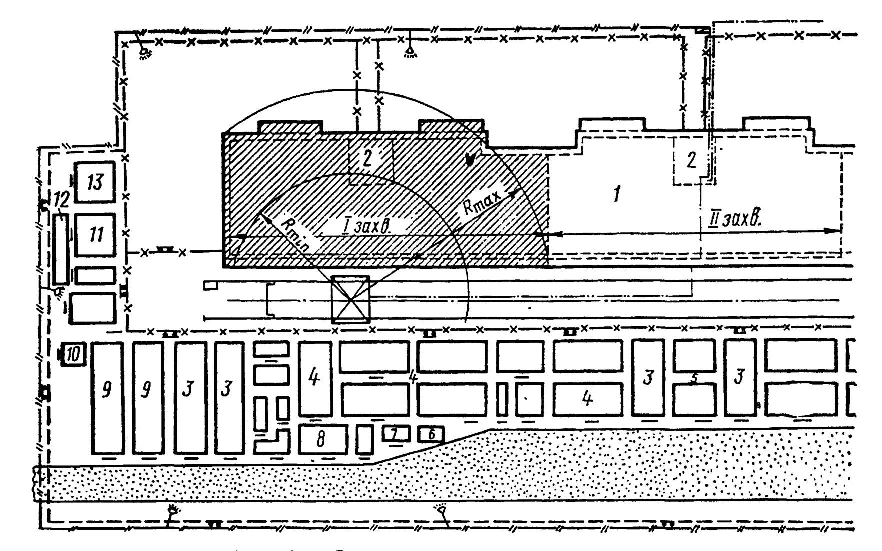


Рис. 9.1. Стройгенплан панельного дома:

1 — строящийся жилой дом; *2* — лестничная клетка; *3* — площадка для складирования гипсобетонных панелей (в кассетах); *4* — то же, панелей перекрытий; *5* — площадка для выгрузки раствора; *6* — площадка для складирования лестничных маршей; *7* — то же, элементов ограждения лестниц; *8* — то же, железобетонных панелей эркеров, балконов, лоджий; *9* — то же, панелей перегородок; *10* — то же, сантехнических изделий; *11* — то же, изделий мусоропроводов; *12* — то же, каркасов арматурных поясов; *13* — навес для хранения столярных изделий

нице приобъектного склада. Во втором случае удаление подъездного пути от крана определяют возможностью снятия с транспортных средств самого тяжелого элемента. На приобъектном складе самые тяжелые и применяемые в наибольшем количестве сборные элементы размещают ближе к крану и равномерно вдоль строящегося здания.

Для рационального использования площади склада (рис. 9.2) балки, ригели, панели покрытий и перекрытий, колонны, лестничные площадки и марши хранят в штабелях с деревянными прокладками между ярусами. Панели наружных и внутренних стен, а также панели перегородки устанавливают в специальные кассеты в вертикальном положении. Между штабелями устраивают проходы шириной 0,6...1 м. Имеющиеся на сборных конструкциях заводские марки должны быть обращены в сторону прохода. У каждого штабеля устанавливают табличку с указанием количества и марки элемента.

Территорию приобъектного склада планируют в соответствии с проектом благоустройства квартала. На приобъектном складе запас сборных конструкций зависит от местных условий, но не менее двухсуточного потребления. Площадь склада (м²), необходимая для хранения сборных железобетонных конструкций,

$$A = \sum N_i/(V_i k), \qquad (9.1)$$

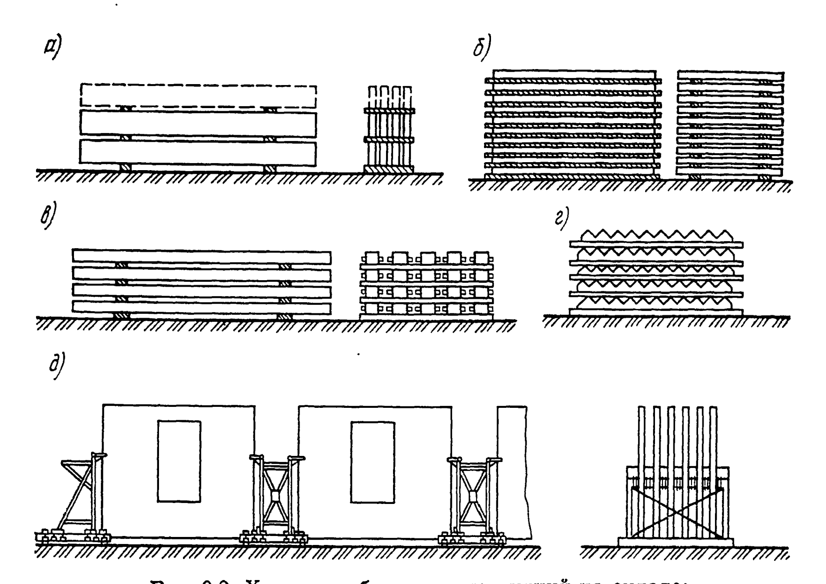


Рис. 9.2. Хранение сборных конструкций на складе:
а — балок и ригелей; *б* — панелей покрытий и перекрытий; *в* — колонн; *г* — лестничных площадок и маршей; *д* — панелей наружных, внутренних стен и перегородок

где N_i — общее количество железобетонных однотипных конструкций, м^3; V_i — количество железобетонных конструкций, укладываемых на 1 м^2 площади склада, м^3/м^2; k — коэффициент использования площади склада, $k=0{,}6$.

Укрупнительную сборку отдельных конструктивных элементов, а также блоков зданий и сооружений производят для сокращения срока строительства и более полного использования грузоподъемности монтажных кранов. Укрупнительную сборку блоков покрытий применяют главным образом в промышленном строительстве при монтаже цехов большой протяженности (например, при строительстве Горьковского, Волжского и Камского автомобильных заводов). У цехов на конвейерных линиях изготовлялись блоки, состоящие из двух ферм с готовым утепленным покрытием, остекленными фонарями и технологическими коммуникациями. Вдоль конвейерной линии по рельсовым путям перемещались друг за другом тележки-платформы, проходя участки укрупнительной сборки металлоконструкций, санитарно-технических и строительных работ. Блоки покрытия в готовом виде перемещались вдоль цеха по рельсовым путям на специальных тележках к месту их установки, где с помощью крана устанавливались в проектное положение.

В городском строительстве для покрытий троллейбусных и автобусных парков применяют фермы больших пролетов. Провезти их по узким городским улицам не всегда представляется возможным. Поэтому их изготовляют из двух полуферм и на строительной площадке в зоне монтажного крана производят укрупнительную сборку. При сборке ферм с напряженно-армированным нижним по-

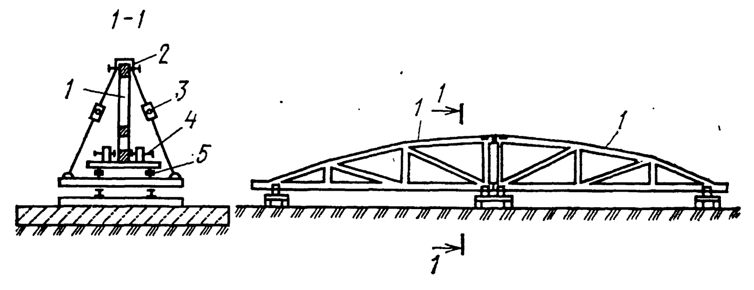


Рис. 9.3. Схема укрупнительной сборки фермы

ясом очень важно обеспечить соосное расположение каналов и необходимый строительный подъем. Для этой цели используют стенд ЦНИИОМТП. В середине фермы располагают кондуктор с двумя роликовыми опорами, на которые устанавливают две полуфермы *1* (рис. 9.3). В вертикальной плоскости их закрепляют с помощью струбцины *2* и двух расчалок *3*. Выверку каждой полуфермы производят независимо друг от друга: в горизонтальной плоскости винтами *4*, а в вертикальной — домкратами *5*. Когда рихтовка с помощью горизонтальных домкратов и роликовых рам закончена, полуфермы подтягивают друг к другу на толщину шва между ними. После этого проверяют проходимость канала челноком, протаскиваемым на проволоке. В каналы вводят пучковую арматуру, а вертикальный шов заполняют быстротвердеющим раствором. При прочности раствора 15 МПа осуществляют натяжение пучковой арматуры. Закончив нагнетание пластичного цементного раствора, фермы снимают со стенда краном и устанавливают в проектное положение. Укрупнительную сборку металлических конструкций производят на специальных стеллажах высотой 0,6...0,7 м.

9.2. Выбор монтажных кранов

При выборе монтажного крана необходимо учитывать: а) возможность установки самого тяжелого конструктивного элемента в наиболее высокую и отдаленную точку монтируемого здания или сооружения; б) возможность перемещения монтажного крана (без демонтажа) от одного здания к другому, что особенно важно при поточном строительстве квартальной застройки; в) методы монтажа (наращивание, подращивание, надвижка, поворот и др.); г) вид сооружения и условий его возведения (мост, тоннель, подземный коллектор, пешеходный переход, набережная или жилой дом: из объемных элементов, каркасно-панельный, панельный, блочный); д) обеспечение удобств монтажа (хорошая видимость рабочего места, нужные скорость подъема и посадочная скорость); е) стоимость машино-смены (с учетом стоимости монтажа, демонтажа и перебазировки монтажного крана, стоимости устройства подкрановых путей применительно к конкретным местным условиям, коэффициента использования крана по времени и грузоподъемности),

Различают следующие монтажные краны: башенные, перемещаемые по рельсовым путям; самоподъемные; козловые, стреловые самоходные; автомобильные, пневмоколесные; на гусеничном ходу и др.

Башенные краны применяют при строительстве зданий и сооружений большой высоты. Достоинство их состоит в том, что они обеспечивают быстрый подъем на большую высоту сборных конструкций и деталей и установку их в любую точку монтажной зоны. Башенный кран состоит из следующих основных элементов: ходовой тележки, башни, стрелы, противовесной консоли; опорного поворотного устройства, грузового и стрелового полиспастов, кабины с приборами управления и механизмов для подъема груза, поворота и изменения вылета стрелы, передвижения крана. Выпускаемые нашей промышленностью краны имеют башни поворотные или жестко закрепленные к опорной конструкции.

В связи с переходом к строительству зданий повышенной этажности и с увеличением массы монтируемых элементов (до 10 т) выпускают новые башенные краны. Кран МСК-10-20 грузоподъемностью 10 т предназначен для монтажа зданий высотой девять этажей. Он имеет две скорости подъема (25 и 16,2 м/мин) и три скорости опускания груза (7,5; 6,75 и 2,5 м/мин). Минимальная (монтажная) скорость 2,5 м/мин создает благоприятные условия для точной установки сборного элемента в проектное положение. Работой крана можно управлять по радио.

Жилые дома высотой 16 этажей монтируют башенным краном КБ-160-2 грузоподъемностью 5...8 т при вылете стрелы 25 и 13 м и высоте подъема крюка до 60 м. При строительстве зданий и сооружений большой ширины применяют башенный кран КБ-504.2 грузоподъемностью 4,5 и 10 т при вылете крюка 45 и 20 м. К основным технологическим характеристикам башенных кранов относится грузовой момент, который определяют, как произведение его максимальной грузоподъемности на соответствующий вылет стрелы.

Достоинство кранов с нижней поворотной платформой состоит в том, что они требуют сравнительно мало времени на их монтаж и демонтаж (в среднем 6...7 ч). Монтаж большинства башенных кранов ведут способом самоподъема (рис. 9.4) или подращиванием снизу отдельных секций. В первом способе с помощью автокрана монтируют тележку *10* и закрепляют к подкрановому пути противоугонными захватами. На тележке собирают портал, а на козлах в наклонном положении — башню с поворотной головкой. С одной стороны к порталу шарнирно крепят башню *1*, а с другой стороны к тележке закрепляют стрелу *6* с якорным кана-

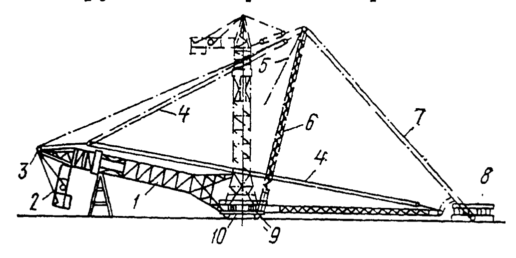


Рис. 9.4. Схема монтажа крана БКСМ-5

том *7*, прикрепленным к инвентарному якорю. *8*. С помощью монтажного полиспаста *4* стрелу поднимают до 75° к горизонтали и закрепляют боковыми расчалками 5. Когда стрела закреплена и удерживается якорным канатом, производится подъем башни тем же полиспастом *4* с помощью грузовой лебедки *2* и грузового блока *3*, закрепленного на головке крана. После установки башни крана в вертикальное положение стрелу и противовес поднимают в исходное положение той же грузовой лебедкой. Для повышения устойчивости крана на тележку устанавливают инвентарный балласт *9*. Монтажные краны с поворотной башней перевозят с объекта на объект на прицепах с тягачами без разборки на отдельные узлы.

Для монтажа фундаментов и стен подвалов нулевого цикла жилых домов наряду с автомобильными кранами применяют специальные краны небольшой высоты на рельсовом ходу.

При строительстве высотных зданий каркасно-панельной конструкции используют самоподъемные башенные краны. По мере выполнения монтажных работ такой кран сам себя поднимает, опираясь на обойму, закрепленную на каркасе здания.

Для монтажа транспортных эстакад, мостов, зданий из объемных элементов применяют различной конструкции козловые краны.

Основной недостаток башенных и козловых кранов состоит в том, что они не обладают достаточной мобильностью. Для их перемещения вдоль строящегося здания необходимо устраивать подкрановые рельсовые пути по балластному слою, что требует дополнительных затрат труда (особенно в зимний период времени). Перемещение башенных кранов от одного здания к другому (даже в пределах квартала) сопряжено с устройством дополнительных приспособлений. Монтаж и демонтаж башенных кранов при их перебазировании также является трудоемким.

Самоходные стреловые краны не имеют эти недостатки. Некоторые модели таких кранов снабжены сменными стрелами с удлиненными вставками и клювами. Применяют их для монтажа железобетонных и стальных конструкций, производства погрузочно-разгрузочных работ. Гусеничные краны перебазируются с объекта на объект собственным ходом (до 10 км), а при бо́льшем расстоянии — на трейлерах. Гусеничные краны выпускают грузоподъемностью 5...10, 15...20, 40...50 т и более. Трудоемкость монтажа и демонтажа гусеничных кранов зависит от их грузоподъемности (марки) и составляет 12...60 ч.

Наиболее мобильными являются автомобильные и пневмоколесные краны. При своем передвижении они не повреждают проезжую часть городских улиц. Применяют их при монтаже конструкций мостов, эстакад, подземных пешеходных переходов, троллейбусных, автомобильных парков, набережных, подземных коллекторов и других сооружений. С помощью автомобильных кранов выполняют погрузочно-разгрузочные работы и укрупнительную сборку конструкций. Для увеличения грузоподъемности и устойчивости эти краны оборудуются выносными опорами (аутригерами). Трудоем-

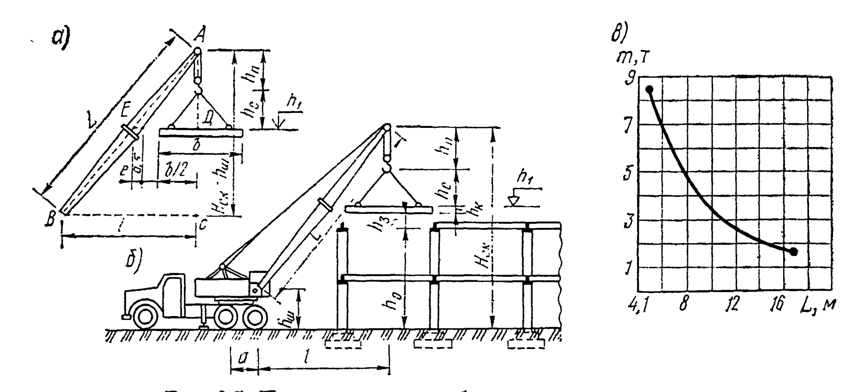


Рис. 9.5. Параметры для выбора монтажного крана:

а — определение вылета стрелы крана; *б* — то же, высоты стрелы крана; *в* — изменение грузоподъемности крана в зависимости от вылета стрелы *L*

кость монтажа и демонтажа автомобильных и пневмоколесных кранов значительно меньше, чем других кранов. Перебазирование автомобильных кранов с объекта на объект осуществляют самоходом, пневмоколесных — на буксире автотягачами, а кранов большой грузоподъемности — с помощью прицепов-тяжеловозов.

Согласно проекту производства работ определяют оптимальное положение крана относительно сборных элементов, устанавливаемых в проектное положение. При минимальном удалении автомобильного крана от центра тяжести монтируемой конструкции необходимое возвышение (рис. 9.5, *б*) стрелы крана $H_{с.к}$ (м) над поверхностью земли

$$H_{с.к} = h_о + h_з + h_к + h_с + h_п, \qquad (9.2)$$

где $h_о$ — расстояние от уровня стоянки монтажного крана до опоры монтируемого элемента, м; $h_з$ — зазор безопасности, необходимый для предварительной выверки и наводки монтируемого элемента над проектным местом, $h_з$=0,3...0,5 м; $h_к$ — высота (или толщина) монтируемой конструкции, м; $h_с$ — высота стропа, м; $h_п$ — высота полиспаста (или подвески крюка крана), м.

Минимальный вылет стрелы l находят из подобия треугольников *АВС* и *АЕД* (рис. 9.5) *а*.

$$l/(0,5 + e + b/2) = (H_{с.к} - h_ш)/(h_с + h_п), \qquad (9.3)$$

$$l = (0,5 + e + b/2)(H_{с.к} - h_ш)/(h_с + h_п). \qquad (9.4)$$

Длина стрелы

$$L = \sqrt{l^2 + (H_{с.к} - h_ш)^2}, \qquad (9.5)$$

где e — половина толщины стрелы крана на отметке h_1, м; 0,5 — минимальный зазор безопасности между стрелой и монтируемым элементом шириной b; $b/2$ — половина ширины или длины монтируемого элемента, м; $h_ш$ — высота шарнира (пяты стрелы) над уровнем стоянки крана, м.

Для рационального использования крана по грузоподъемности целесообразно сгруппировать монтируемые элементы исходя из оптимальных (максимальных) показателей монтажной массы, которая определяется как отношение средней массы $m_{ср.э}$ элемента (по группе элементов сооружения) к максимальной массе m_{max} элемента в этой группе:

$$k_{м.в} = m_{ср.э}/m_{max}. \qquad (9.6)$$

Средняя масса элемента

$$m_{ср.э} = \frac{m_1 n_1 + m_2 n_2 + m_3 n_3 + \dots + m_i n_i}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i}, \qquad (9.7)$$

где m_1, m_2, m_3, ..., m_i — масса различных элементов, т; n_1, n_2, n_3, ..., n_i — соответственно их количество.

Коэффициент использования крана по грузоподъемности

$$k_{гр} = m_{ср.э}/Q_{max.к}, \qquad (9.8)$$

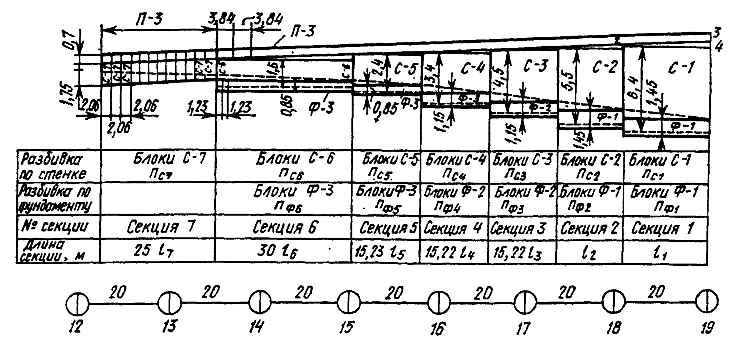
где $Q_{max.к}$ — максимальная грузоподъемность крана, т.

При строительстве, например, подпорной стенки транспортного пересечения в разных уровнях (рис. 9.6) применяют элементы, масса которых указана в табл. 9.7. Если все сборные элементы подпорной стенки монтировать одним краном, то коэффициент использования по грузоподъемности

$$k_{гр} = m_{ср.э}/m_{max.к} = 801{,}3/(204 \cdot 8{,}5) = 0{,}46.$$

Максимальная грузоподъемность взята применительно к автомобильному крану К-151 с длиной стрелы 18 м (см. рис. 9.5, *в*) на выносных опорах. На минимальном вылете 5 м его максимальная грузоподъемность $Q_{max.к}$=8,5 т.

Для повышения коэффициента использования кранов по грузоподъемности в данном случае целесообразно монтаж вести двумя кранами: в первой группе с максимальной массой элемента до 2,5 т — краном с максимальной грузоподъемностью 5 т, а во второй группе с массой элементов 3,65...6,5 т — краном с максимальной грузоподъемностью 8,5 т при длине стрелы 18 м.



Разбивка по стенке	Блоки С-7 $П_{с7}$	Блоки С-6 $П_{с6}$	Блоки С-5 $П_{с5}$	Блоки С-4 $П_{с4}$	Блоки С-3 $П_{с3}$	Блоки С-2 $П_{с2}$	Блоки С-1 $П_{с1}$
Разбивка по фундаменту		Блоки Ф-3 $П_{ф6}$	Блоки Ф-3 $П_{ф5}$	Блоки Ф-2 $П_{ф4}$	Блоки Ф-2 $П_{ф3}$	Блоки Ф-1 $П_{ф2}$	Блоки Ф-1 $П_{ф1}$
№ секции	Секция 7	Секция 6	Секция 5	Секция 4	Секция 3	Секция 2	Секция 1
Длина секции, м	25 l_7	30 l_6	15,23 l_5	15,22 l_4	15,22 l_3	l_2	l_1

Рис. 9.6. Разбивка на секции подпорной стенки транспортного пересечения в разных уровнях

Таблица 9.1. **Спецификация сборных железобетонных элементов подпорной стенки транспортного пересечения в разных уровнях**

Наименование элементов	Количество	Масса *m* элемента, т							Общая масса *mn*, т
		0,5...1	1...2	2...3	3...4	4...5	5...6	6...7	
Фундаменты:									
Ф-1	26	—	—	—	—	—	—	6,5	169
Ф-2	24	—	—	—	—	4	—	—	96
Ф-3	35	—	1,9	—	—	—	—	—	66,5
Стеновые панели:									
С-1	19	—	—	—	—	—	6	—	114
С-2	14	—	—	—	—	4,8	—	—	67
С-3	15	—	—	—	3,65	—	—	—	54,8
С-4	15	—	—	2,5	—	—	—	—	37,5
С-5	15	—	1,2	—	—	—	—	—	18
С-6	29	0,8	—	—	—	—	—	—	23,2
С-7	12	—	—	—	—	—	4,6	—	55,3
Всего	204	I группа			II группа				801,3

9.3. Способы монтажа зданий и сооружений

В зависимости от назначения, формы, размеров зданий или сооружения, условий производства работ, массы конструкций применяют следующие способы монтажа: *наращивания,* когда монтируемую конструкцию или блоки устанавливают на ранее выверенные и закрепленные элементы зданий и сооружений; *подращивания* — при строительстве зданий с применением подъема этажей и перекрытий; с *поворотом конструкции вокруг точки опоры* — при монтаже троллейбусных электролиний, высоких колонн и труб; *надвижки* — с применением продольно-поперечной надвижки при строительстве мостов через несудоходные реки и с применением плавучих опор при судоходных реках; *шлюзование* конструкций с помощью консольно-шлюзовых кранов — при монтаже пролетных строений мостов через судоходные реки, при строительстве эстакад и путепроводов через железнодорожные пути; способ *уравновешенно-навесной сборки* — при строительстве мостов через судоходные реки.

Строительство зданий и сооружений наращиванием может осуществляться с применением *раздельного, комплексного* и *смешанного* способов. При раздельном способе монтируют только однотипные элементы (фундаменты на длине захватки, затем колонны, ригели, стеновые блоки и т. д.). При комплексном способе с одной стоянки крана монтируют все элементы, какие только можно по условиям производства работ. Например, при монтаже двухсекционного пешеходного перехода кран с одной позиции может монтировать фундаменты, колонны по средней оси, стеновые блоки, распорные плиты.

При смешанном способе монтаж производят по группам кон-

струкций. Например, при строительстве автобусного или троллейбусного парка одним краном выполняют монтаж фундаментных блоков и колонн, а другим — монтаж ферм и плит покрытий.

Для повышения точности и сокращения времени монтажа отдельных конструктивных элементов применяют различные приспособления и механизмы. В зависимости от применяемой монтажной оснастки и требуемой точности монтажа сборных элементов технологические операции выполняют по способам: *свободного монтажа*, когда сборные элементы, будучи свободно подвешенными к крюку крана, устанавливают в проектное положение без специальных приспособлений; *ограниченно-свободного монтажа*, когда работы ведут с применением различных фиксаторов, облегчающих установку конструкции; *полупринудительного монтажа* с применением кондукторов и манипуляторов, ограничивающих свободу движения конструкции; *принудительного монтажа*, при котором все процессы передвижения и установки элемента в проектное положение имеют дистанционное управление.

9.Б. МОНТАЖ ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

9.4. Такелажные приспособления и монтажная оснастка

Такелажные приспособления необходимы для снятия сборных элементов с транспортных средств или с приобъектного склада и подачи их к месту монтажа. В зависимости от вида конструкции, ее массы, размера и формы применяют соответствующие такелажные приспособления. Они должны удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать точное положение сборного элемента при установке его на место; равномерно распределять усилия между отдельными стропами; позволять выполнять строповку конструкции в минимальное время; обеспечивать удобные и безопасные условия работы; обладать универсальностью, чтобы одним такелажным приспособлением можно было монтировать различные конструкции; иметь небольшую массу.

Небольшие колонны с вутом обхватываются универсальным стропом (рис. 9.7, *а*). Недостаток такого способа строповки состоит в том, что он трудоемок, а при подъеме колонна не находится строго в вертикальном положении, что несколько осложняет ее установку в фундамент стаканного типа. Кроме того, после закрепления колонны монтажнику необходимо подниматься на нее для снятия стропа. Тяжелые колонны монтируют с помощью двойного стропа за монтажные петли (рис. 9. 7, *б*). Но изготавливать и особенно снимать с инвентарных форм колонны с двумя петлями трудно. Для снятия стропа с монтажных петель установленной колонны такелажнику необходимо подниматься на нее, что является недостатком этого способа.

Для подъема колонн массой до 10 т с консолями и без них применяют фрикционные захваты (рис. 9.7, *в*), состоящие из двух

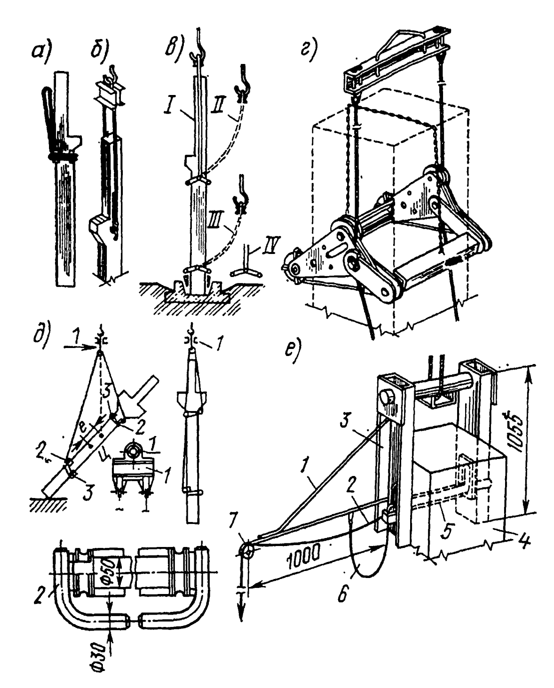


Рис. 9.7. Способы строповки и подъема железобетонных колонн

захватов, двух стропов-подвесок, соединенных с шарнирными вилками. В момент подъема и установки *I* захваты зажимают колонну, которая удерживается за счет сил трения. Фрикционный захват разъемный, т. е. одна его сторона прикреплена к вилке болтами, а другая — с помощью замка. Когда колонна закреплена, строп вместе с захватом опускается вниз (*II* и *III* и снимается с нее *IV*). Необходимость опускания и раскрытия захвата осложняет такелажные работы. Для устранения этого недостатка на рис. 9.7, *г* показан модернизированный фрикционный захват.

Если поднимать длинные колонны за одну точку, то в них возникает большой изгибающий момент. Такие колонны целесообразно строповать за две точки с помощью самобалансирующейся траверсы (рис. 9.7, *д*). На колонну накладывают внизу и вверху пару скоб: разрезную *2* и неразрезную *3*. Два гибких троса, переброшенные через блоки траверсы *1*, своими концами проходят через блоки разрезной и неразрезной скоб (верхнего и нижнего захватов), попарно стягивают их и зажимают колонну. Скобы накладывают на колонну таким образом, чтобы ее центр тяжести «Ц» находился ближе к нижнему захвату на величину $e = 1...1,5$ м. При такой строповке в начальный период верхний конец колонны будет подниматься, а нижний будет находиться на земле до момента, пока колонна не займет вертикальное положение.

Колонны массой более 10 т поднимают с помощью траверс Промстальконструкции и треста «Стальмонтаж». Для использования таких траверс в колоннах устраивают (в период их изготовления) сквозные отверстия, в которые вставляют стальной стержень. После установки и закрепления колонны стержень извлекают из отверстия. Полуавтоматическая траверса (рис. 9.7, *е*) состоит из рамы *3*, к которой прикреплен кронштейн *1* с блоком *7* и предохранительным тросом *6*. Когда колонна *4* закреплена и траверса находится в свободном состоянии, расстроповка производится полуавтоматически с помощью тросика *2*, извлекающего из отверстия

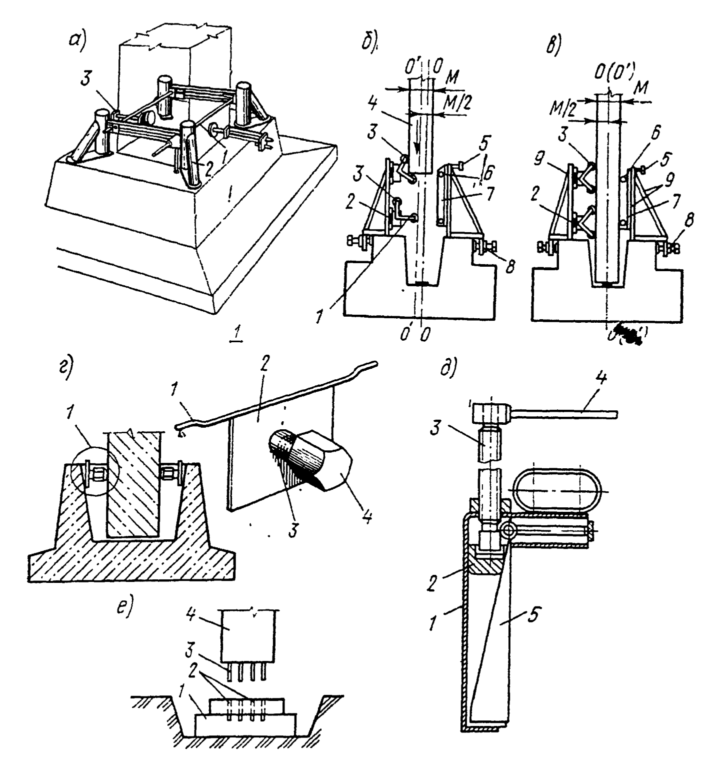


Рис. 9.8. Кондукторы и приспособления для временного крепления и выверки колонн

запорный палец *5*. Расстроповка колонны с извлечением запорного пальца из отверстия может производиться машинистом крана или такелажником с помощью электродвигателя, расположенного на П-образной раме траверсы.

Полуавтоматические траверсы с дистанционной расстроповкой позволяют вести монтаж колонн, а также ферм и балок без поднятия такелажника по лестнице на верх этих конструкций для снятия стропов.

Временное закрепление и выверку колонн в фундаментах стаканного типа производят кондукторами треста «Стальмонтаж-5», ЦНИИОМТП «Уралстальконструкция» и др. Кондуктор треста «Стальмонтаж-5» (рис. 9. 8, *а*) состоит из двух опорных рам *2*, стягиваемых двумя болтами *1*. Выверка колонны производится четырьмя горизонтальными винтовыми домкратами *3*, жестко прикрепленными к стакану фундамента.

Кондуктор (рис. 9. 8, *б*) для автоматической выверки и закрепления колонны состоит из фермы *9*, жестко закрепленной на фундаменте винтами *8* по разбивочным осям. Ферма имеет установоч-

ные планки *7*, неподвижные фиксирующие ролики *6*, регулировочный винт *5*, изогнутые рычаги *1* с нажимными роликами 3. До установки колонны пружины *2* удерживают рычаг в положении, когда нижняя его сторона находится под углом 90° к продольной оси колонны. Если монтируемая колонна *4* занимает положение $O'-O'$ и низ ее устанавливают на рычаг, то последний, поворачиваясь вокруг своей оси, вторым концом автоматически отодвигает колонну в проектное положение $O-O$ (рис. 9.8, *в*).

Для выверки колонн в фундаментах стаканного типа применяют приспособление (рис. 9.8, *г*), разработанное трестом «Оргтехстрой» (г. Таллин). Состоит оно из пластины *2* размером 80 $\times$ 90 мм и стержня *3* с нарезкой. Один конец этого стержня приварен к пластине, а на другой конец навинчена глухая шестигранная гайка *4* со сферической поверхностью. Пластина *2* приварена к стержню *1*, который удерживает приспособление в стакане на глубине 120...150 мм. После установки в фундамент стаканного типа колонны производится ее выверка с помощью вращающейся гайки *4*.

Колонны можно выверять и временно закреплять с помощью инвентарного клинового вкладыша (рис. 9.8, *д*). Корпус *1* вместе с шарнирно подвешенным клином *5* вставляется в пространство между плоскостями стакана и колонны. Вращая винт *3* ключом *4*, бобышка *2* перемещается вниз по наклонной плоскости клина и плотно заклинивает устройство между указанными плоскостями.

Колонны небольшой высоты могут соединяться с фундаментом по типу штепсельного стыка (рис. 9.8, *е*). Для этого в фундаменте *1* устраиваются отверстия *2*, в которые вставляются арматурные выпуски *3*, жестко заделанные в колонне *4* в период ее изготовления на заводе. Перед установкой арматурных выпусков *3* в проектное положение гнезда *2* заливаются жидким цементным раствором, который после твердения обеспечивает надежное соединение колонны с фундаментом. Недостаток такого стыка состоит в том, что требуется точная заделка стержней в колонне и точное выдерживание расстояния между центрами гнезд в фундаменте. Несоблюдение этих условий значительно осложняет технологию монтажа колонн.

В простейшем случае колонны высотой до 6 м можно выверять и с помощью клиньев (см. рис. 9. 10, *б*, *в*), забиваемых по два с каждой стороны колонны. Клинья применяют деревянные, стальные, бетонные и железобетонные. Деревянные изготовляют из твердых пород дерева длиной 250...300 мм и уклоном 1 : 10. Забивают их в стакан на глубину не более 100...150 мм, чтобы их можно было извлечь после замоноличивания стыка. Для рихтовки тяжелых колонн целесообразно применять стальные клинья, а для их закрепления — армированные и бетонные, которые при необходимости могут быть оставлены в стакане фундамента после замоноличивания стыка.

Высокие колонны кроме клиньев закрепляют расчалками или

жесткими подкосами. Процесс выверки колонны имеет целью совмещение ее осей с рисками, нанесенными на фундамент (по осям *Б* и *1*).

Такелажные приспособления Главмосстроя (рис. 9.9, *а*) применяют для подъема лестничных маршей, площадок, стеновых панелей, фундаментных блоков, балок, плит перекрытий и других сборных элементов. Для безопасного подъема конструкций на концах стропов имеются крюки с предохранительной скобой, поворотным козырьком или предохранительной пружиной (рис. 9.9, *б, в, г*), а также карабины (рис. 9.9, *е*), исключающие самопроизвольное снятие крюков с монтажных петель. Двухветвевой строп состоит из одной скобы (рис. 9.9, *д*) и двух тросовых ветвей, а четырехветвевой — из трех скоб и четырех ветвей. Универсальный кольцевой строп (рис. 9.9, *ж*) изготовляют в виде замкнутой петли, а облегченный (рис. 9.9, *з*) — с крюком и петлей.

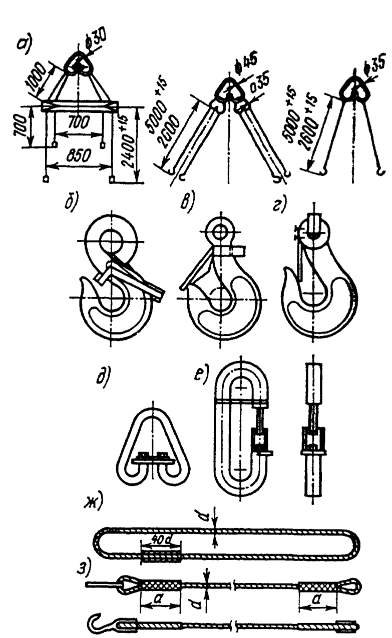


Рис. 9.9. Такелажные приспособления

9.5. Монтаж транспортных пересечений тоннельного типа в разных уровнях

При монтаже транспортного пересечения тоннельного типа подпорные стенки рампы можно монтировать с расположением крана как внизу, так и сверху котлована. Выбор одного из этих вариантов зависит от местных условий: глубины котлована, дополнительной нагрузки на сваи (при креплении вертикальных стенок котлована), ширины местных проездов, размеров движения городского транспорта и пешеходов, уровня грунтовых вод, вида грунта в котловане и возможности выезда транспорта из котлована.

По ознакомлении с рабочим проектом и местными условиями производят выбор кранов с рациональным их размещением и устанавливают порядок производства работ. По окончании разработки грунта и планировки основания под фундаменты монтаж необходимо начинать с наиболее трудоемкого участка, каким является закрытая часть тоннеля, и вести его снизу вверх по секциям пандуса. Поскольку по оси *Б* (рис. 9.10, *а*) размещают наиболее тяжелые элементы (фундаментные блоки по 14 т, ригели по 10, 25 т), принимают пневмоколесный кран К-252 с длиной стрелы 15 м. При работе на выносных опорах он имеет максимальную грузоподъем-

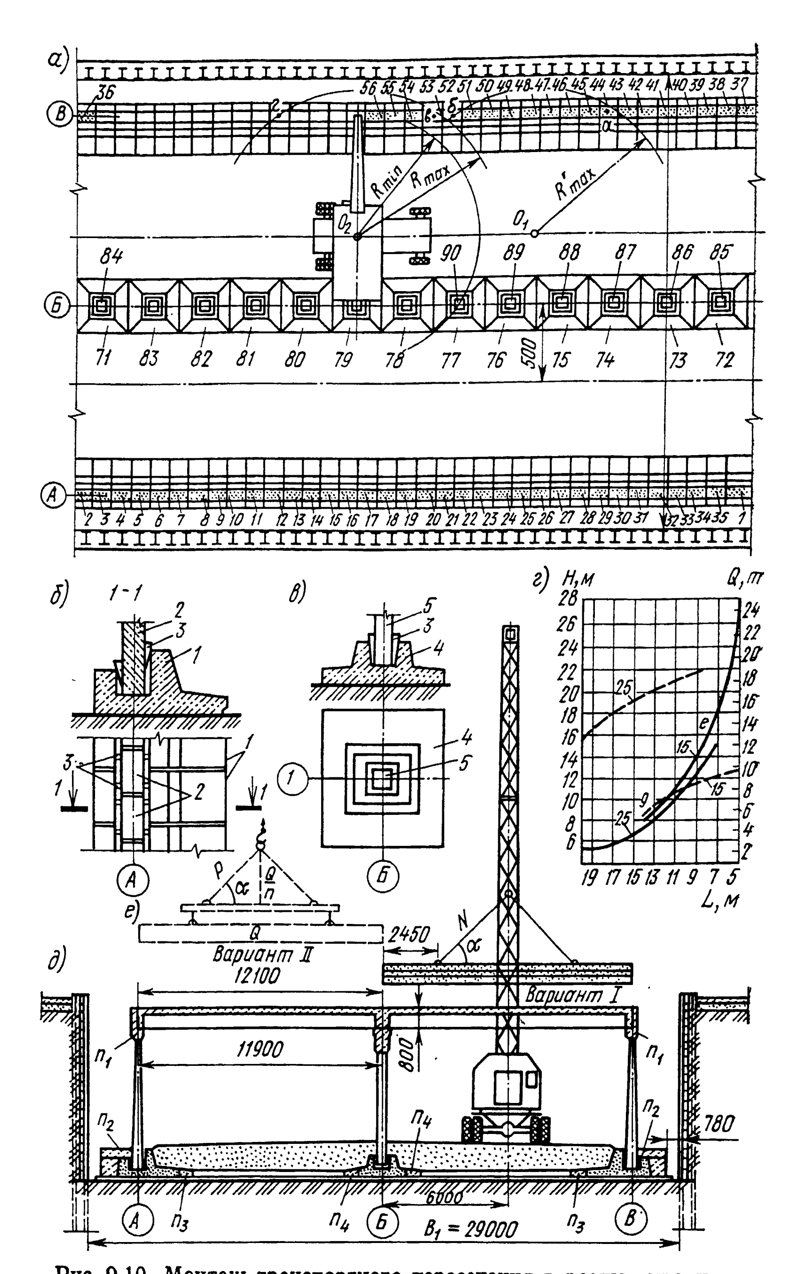


Рис. 9.10. Монтаж транспортного пересечения в разных уровнях:

а — фундаментов и стеновых панелей в глубокой части тоннеля; *б* — выверка стеновых панелей подпорной стенки; *в* — выверка колонн; *г* — график изменения грузоподъемности Q пневмоколесного крана К-252 в зависимости от высоты H и вылета L стрелы; *д* — монтаж балок перекрытия тоннеля

ность 25 т на вылете стрелы 5,25 м и минимальную грузоподъемность 5 т на вылете 14 м. Этот кран поднимает фундамент массой 14 т на вылете стрелы 7,5 м (рис. 9.10, *г*, точка *е*), что удовлетворяет местным условиям. В глубокой части тоннеля начинается монтаж подпорной стенки по оси *А*. Для этого используют тот же кран, так как стеновая панель секции С-1 имеет высоту 6,4 м и массу 6 т. В соответствии с разбивкой предварительно монтируют маячные фундаментные блоки, а между ними — все остальные. Чтобы дать фронт работы бетонщикам, по окончании монтажа фундаментов приступают к монтажу стеновых панелей по этой же оси. Устанавливают маячные стеновые панели *1*, *2*, в плоскости которых по причальному шнуру монтируют панели с *3* по *35*. По окончании работ по оси *А* в глубокой части тоннеля кран переходит на ось *В*, где монтируют фундаменты, а затем подпорную стенку в створе маячных панелей *36* и *37*. По оси *А* в это время производят замоноличивание стеновых панелей и устройство монолитных поясов $П_1$ и $П_2$ (рис. 9.10, *д*). В последующем кран К-252 переходит на среднюю ось *Б*, где монтируют фундаменты, колонны и ригели, а бетонщики переходят с оси *А* на ось *В*. Пока ведется монтаж по осям *В* и *Б*, бетон набирает необходимую прочность в верхнем и нижнем монолитных поясах по оси *А*. Такой технологический порядок обеспечивает бесперебойную работу крана, который по окончании работ по оси *Б* может приступить к монтажу балок перекрытия в пролете между осями *А* — *Б*, укладывая их на верхний монолитный пояс с затвердевшим бетоном.

Шаг перестановки крана зависит от величины R_{max} и R_{min}. R_{max} определяют по справочнику, как максимальный вылет стрелы для данной массы монтируемого элемента, а R_{min} — минимальное расстояние от крана до центра тяжести монтируемого элемента. При монтаже, например, на длине секции С-1 стеновых панелей массой 6 т краном К-252 R_{max} = 13 м (на рис. 9.9, *г*, точка *д*), а R_{min} = =5,25 м. С позиции O_1 (см. рис. 9.9, *а*) кран смонтирует такое количество стеновых панелей, которые размещаются между точками *а* — *б* (точки взаимного пересечения дуги с радиусом R_{max} и продольной осью *В*). Когда на участке *а* — *б* будет закончен монтаж, кран переходит на новую позицию O_2. Для этого из центра тяжести смежной несмонтированной панели *53* (точка *в*) описывается дуга радиусом R_{max} до пересечения с осью движения крана. С этой позиции ведется монтаж стеновых панелей между точками *в* — *г* и т. д.

По окончании монтажа подпорной стенки по оси *А* на длине секции С-1 в работу включается кран К-162. Он продолжает монтаж фундаментов (рис. 9. 11, *а*) и стеновых панелей (рис. 9. 11, *б*) на секциях С-2, С-3 и С-4 сначала по оси *А*, а затем по оси *В*.

По окончании выверки стеновых панелей производится заливка цементным раствором вертикальных швов *5* (рис. 9. 11, *в*). Для этого устанавливается опалубка-нащельник *2* с ребром жесткости *3*. Внизу такая опалубка закрепляется клином *1* (в фундаменте струбцинного типа), а вверху — болтом с гайкой *4*. Чтобы

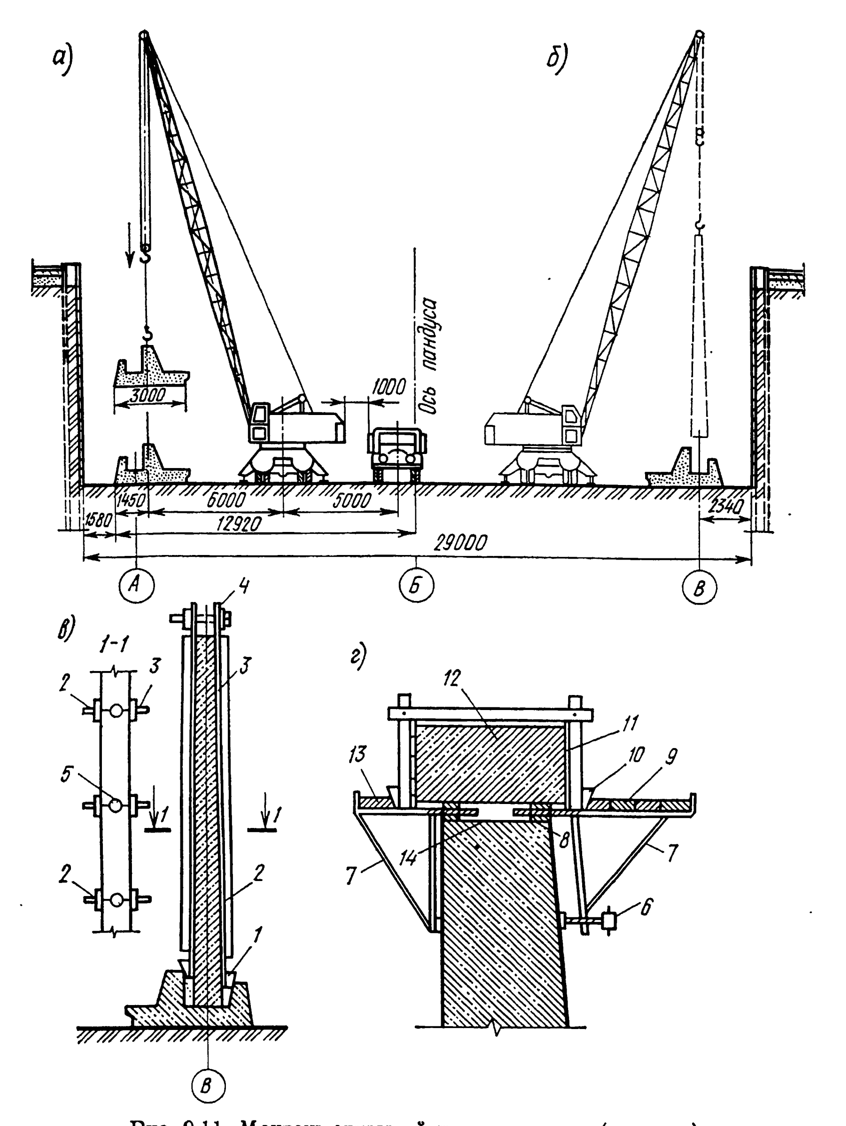


Рис. 9.11. Монтаж открытой части тоннеля (пандуса):

а — монтаж фундаментов; *б* — монтаж стеновых панелей; *в* — заливка цементным раствором вертикальных швов между стеновыми панелями; *г* — устройство верхнего монолитного пояса

исключить вытекание цементного раствора из вертикального шва, к опалубке-нащельнику (по ее оси) прикрепляется упругая прокладка (половина сечения гернитового жгута диаметром 40 мм).

Так как подпорная стенка смонтирована из отдельных сборных панелей, то для придания ей бо́льшей жесткости и устойчивости устраивается верхний монолитный пояс *12* (рис. 9.11, *г*). Для это-

го устанавливается готовый опалубочный короб *11* на инвентарные металлические опоры *7*, сделанные из стержней ∅ 20 мм, которые своими концами ввинчиваются в гайки *8*, приваренные к трубке *14*. Правая опора *7* имеет винтовой домкрат *6*, с помощью которого вся система жестко закрепляется на верхней части стеновой панели. Распор от укладываемого бетона внизу воспринимается распорной доской *13* и клином *10*. На правой опоре располагается площадка *9* для рабочего, укладывающего арматурный каркас и бетон.

Монтаж балок перекрытия тоннеля показан на рис. 9. 10, *д* в двух вариантах: с применением двухветвевого стропа или траверсы с подвесками. Угол α должен быть таким, чтобы обеспечить минимальное усилие в каждой ветви стропа *N*. Усилие в стропе *p* (рис. 9. 10, *е*) в зависимости от угла его наклона к горизонту

$$Q/n = p\sin\alpha; \quad p = (Q/n)(1/\sin\alpha), \tag{9.9}$$

где Q — масса монтируемого элемента, кг; n — количество ветвей в стропе, шт.; p — усилие в стропе, Н; α — угол наклона стропа к горизонту.

$$\text{При } \alpha = 30^\circ \quad p = \frac{Q}{n}\frac{1}{0{,}5} = \frac{Q}{n}2;$$

$$\text{при } \alpha = 45^\circ \quad p = \frac{Q}{n}\frac{1}{0{,}707} = \frac{Q}{n}1{,}41;$$

$$\text{при } \alpha = 60^\circ \quad p = \frac{Q}{n}\frac{1}{0{,}866} = \frac{Q}{n}1{,}15.$$

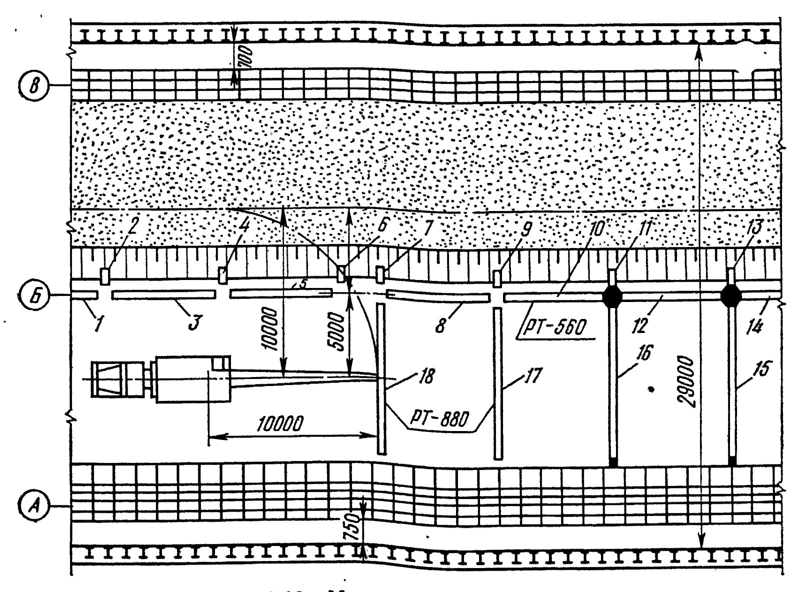


Рис. 9.12. Монтаж распорных балок

Отсюда видно, что чем меньше угол α, тем больше усилие в стропе. Поэтому угол α целесообразно принимать как минимум 45°.

По окончании монтажа закрытой части тоннеля и пандусов укладывают распорные балки и устраивают монолитные железобетонные пояса $П_2$, $П_3$ и $П_4$. Вдоль пандусов по оси *Б* располагают продольные балки; концы их замоноличивают в общих узлах с поперечными распорными балками, например узлы, в которых сходятся концы балок: *10—11—12—16*; *12—13—14—15* и т. д. (рис. 9. 12). Сначала монтируют продольные балки между осями *Б—В* по порядку от *1* до *14*. Когда ведут монтаж распорных балок *15—16—17—18* и т. д. между осями *А — Б*, в это время в пролете между осями *Б — В* производят засыпку балластного грунта с уплотнением.

9.6. Монтаж транспортных пересечений эстакадного типа

Порядок и способ монтажа эстакады зависят от ее конструктивных особенностей. Обычно после установки колонн и ригелей ведут монтаж балок пролетного строения. При длине балок более 12 м целесообразно монтировать их двумя кранами. В эстакаде с двумя рядами колонн монтаж пролетного строения ведут по двухконсольному ригелю в том порядке, какой указан на рис. 9.13, *а*.

Когда балки монтируют, например в пролете *3—4*, один кран *2* располагают справа от оси *4*, а второй *2′* — в пролете между осями *3—4*. Балковоз *1* заезжает в пролет и занимает такое место, при котором один конец балки находится под ригелем на оси *4*, а другой — в удалении от ригеля на l=500...700 мм (на оси *3*). Оба крана снимают балку *а—б* с транспортных средств и балковоз уезжает. Кран *2′* поднимает один конец балки выше ригеля по оси *3* (рис. 9.13, *б*, позиция *а — б′*), после чего оба крана передвигают ее влево (позиция $а_1$ — $б_1$). Затем кран *2* поднимает правый конец балки выше ригеля по оси *4* (позиция $а_2$ — $б_2$). Когда балка находится в горизонтальном положении, ее перемещают вправо (позиция $а_3$ — $б_3$) , наводят в пролет и опускают в проектное положение (позиция $а_4$— $б_4$). И так продолжают монтаж всех остальных балок в первой половине пролета *17*, *18*, *19*, ..., а затем во второй. Балки укладывают на резинометаллические прокладки *5* (рис. 9.13, *б*, *в*).

Пространственная жесткость пролетного строения обеспечивается сваркой арматурных выпусков *16* (рис. 9. 13, *г*), расположенных в верхней полке двутавровых железобетонных балок *17* с последующим их замоноличиванием *21*. Укладку бетона производят по подвесной опалубке *22*.

Ригель *4* (рис. 9.13, *д*) длиной 23 740 мм имеет массу около 150 т. Изготавливать, транспортировать и монтировать такой ригель затруднительно. Для уменьшения массы ригеля его изготовляют из двух половинок (с продольной разрезкой). После установки двух элементов в проектное положение производят сварку арматурных выпусков, вязку каркаса и последующее замоноличивание.

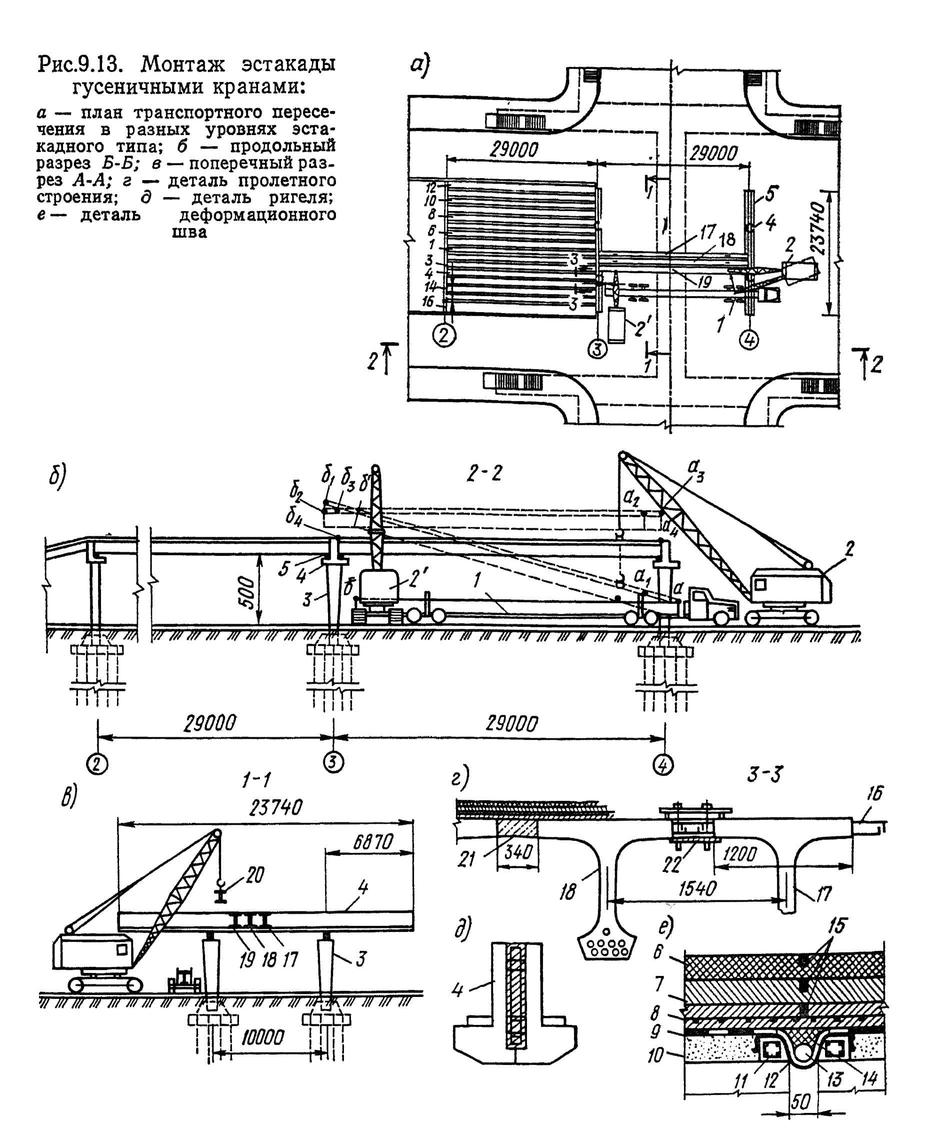


Рис.9.13. Монтаж эстакады гусеничными кранами:

а — план транспортного пересечения в разных уровнях эстакадного типа; *б* — продольный разрез *Б-Б*; *в* — поперечный разрез *А-А*; *г* — деталь пролетного строения; *д* — деталь ригеля; *е* — деталь деформационного шва

Практика показала, что сварка и вязка арматуры между двумя частями ригеля в пространстве шириной 320 мм и высотой 1900 мм весьма затруднительна. Поэтому ригель указанного сечения изготовляют с поперечной разрезкой на две части. Открытый стык обеспечивает удобство сварки, вязки арматуры и укладки бетона при замоноличивании.

По плите балок пролетного строения укладывают выравнивающий слой *10* (рис. 9.13, *е*) толщиной 40 мм из мелкозернистого бетона М300. Сверху выравнивающего слоя устраивают гидроизоляцию *9* из двух слоев стеклосетки, каждый из которых наклеивают

на битумную мастику толщиной 3 мм, а сверху покрывают третьим слоем мастики такой же толщины. Для защиты гидроизоляции от механических повреждений укладывают защитный слой *8* из бетона толщиной 40 мм, армированный металлической сеткой из проволок диаметром 4 мм с ячейками 50 × 50 мм.

Покрытие проезжей части эстакады состоит из двух слоев: нижнего *7* из крупнозернистого асфальтобетона толщиной 50...60 мм и верхнего *6* — мелкозернистого асфальтобетона (слой износа) — 40 мм. В местах температурных и деформационных швов между плитой балок (их торцами) и стенкой ригеля должен быть зазор не менее 50 мм. Чтобы исключить разрыв гидроизоляции, в деформационный шов укладывают компенсатор *12* из латунного листа толщиной 2 мм (рис. 9.13, *е*), который своими концами опирается на два железобетонных бортика *11*. Гидроизоляционный слой огибает нижнюю часть компенсатора, закрепляется просмоленным канатом *13*, а сверху шов заполняется мастикой изол *14*. Над деформационным швом в каждом слое асфальтобетонного покрытия и в

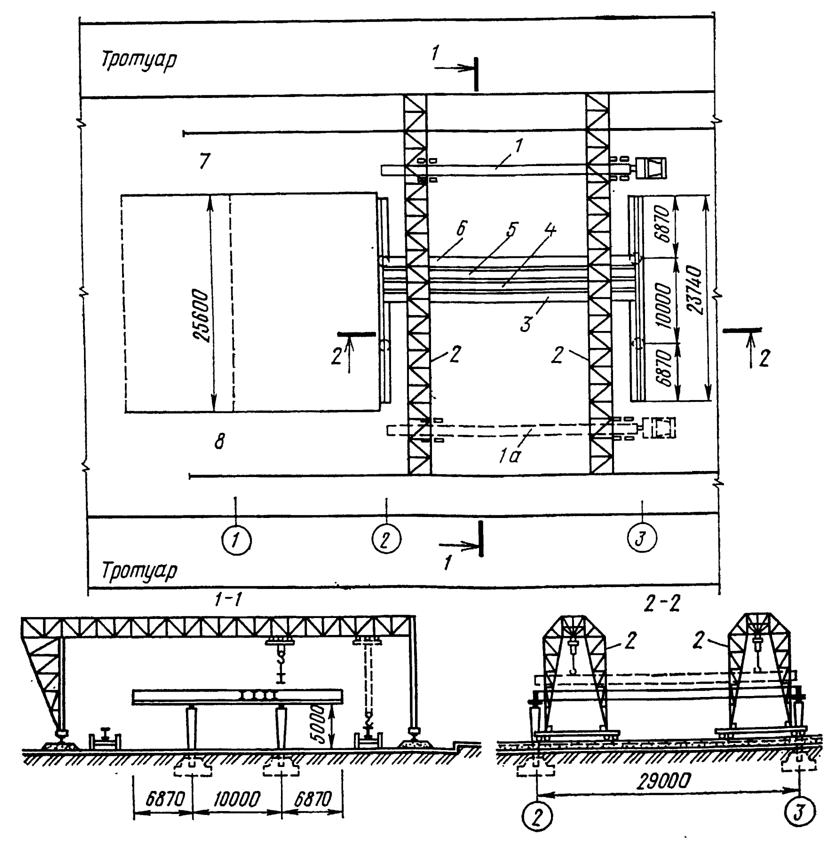


Рис. 9.14. Монтаж эстакады козловыми кранами

защитном слое делают пропилы *15* глубиной 20 мм, которые заполняют мастикой изол.

При нешироких эстакадах и небольших продольных уклонах проезжей части существующей улицы и нешироких местных проездах балки эстакады можно монтировать с помощью козловых кранов *2* (рис. 9.14). Монтаж ведут от средней продольной оси к наружным сторонам эстакады. Когда балковоз *1* перемещается по левому местному проезду *7* и заезжает под козловые краны, балки монтируют на левой половине эстакады *3, 4, 5, 6* и т. д. Вторую половину эстакады в пролете *2—3* монтируют этими же козловыми кранами при расположении балковоза *1* на правом местном проезде *8*.

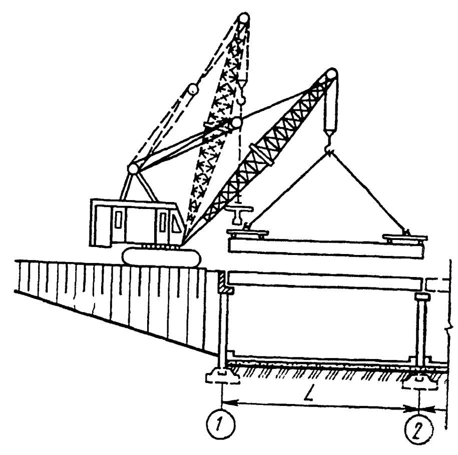


Рис. 9.15. Схема монтажа балок пролетного строения эстакады по способу «впереди себя»

Достоинство этого метода: повышается производительность звена монтажников; не требуется сложное перемещение конструкций, как это имеет место при монтаже гусеничными кранами; движение балковозов упрощается — они перемещаются по местным проездам прямолинейно, без маневрирования. Недостаток — необходимость устройства рельсовых путей, которые являются препятствием для движения автомобильного транспорта в поперечном к эстакаде направлении.

Если трасса эстакады пересекает трамвайные или железнодорожные пути, которые не могут быть перекрыты на период строительства, то балки пролетного строения длиной до 12 м целесообразно монтировать по способу «впереди себя». Сущность этого способа заключается в том, что после установки и омоноличивания балок в пролете *1—2* (рис. 9.15) гусеничный кран выезжает на смонтированное пролетное строение и монтирует балки впереди себя в пролетах *2—3, 3—4* и т. д. Монтаж ведут с транспортных средств, которые доставляют балки по эстакаде в зону действия стрелы гусеничного крана.

9.7. Монтаж эстакад и мостов с применением консольно-шлюзового крана

Монтаж консольно-шлюзовым краном используют при строительстве эстакады, проходящей над железнодорожными путями, или моста через реку, движение по которой не может быть закрыто. Консольно-шлюзовой кран Промстальконструкции ГП-2×30 состоит

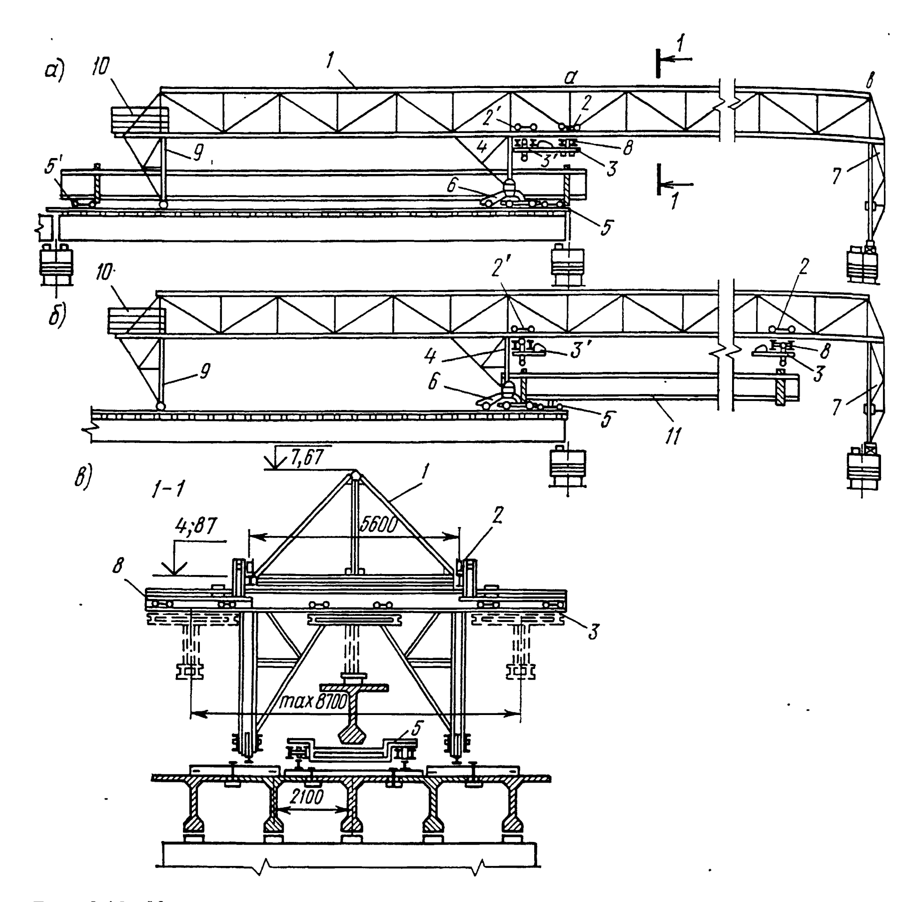


Рис. 9.16. Монтаж балочного пролетного строения консольно-шлюзовым краном

из несущей фермы *1* (рис. 9.16, *а*) с консольной частью *а—в*. Средняя опора *4* имеет трехосную приводную тележку *6* с редукторной лебедкой, а задняя *9* — одноосную ведомую ходовую тележку. До начала монтажа пролетного строения устраивают рельсовые пути с колеей 5,6 м. На них собирают из укрупненных узлов консольно-шлюзовой кран, который монтирует балки между опорами моста. Для установки балок, например во втором пролете, консольная часть крана *а — в* занимает положение над пролетом. Устойчивость крана во время надвижки консоли в пролет обеспечивается противовесом *10*. Когда консоль доходит до опоры моста, ее передняя телескопическая опора *7* опирается на постоянную опору и прогиб консольной части фермы устраняется с помощью винтовых домкратов. В начале моста балку снимают двумя пневмоколесными кранами с транспортных средств, перегружают ее на две узкоколейные вагонетки *5* и *5'*. По рельсам балку подкатывают под ферму *1*. Продольное перемещение балок в монтируемом пролете («шлюзо-

вание» балок) производят двумя каретками *2* и *2′* (рис. 9. 15, *б*). К ним снизу прикреплены двухконсольные балки *8*, по которым движутся грузовые тележки *3* и *3′* (рис. 9.15, *в*), позволяющие перемещать монтируемые балки в поперечном направлении. Грузовая тележка *3* с помощью захвата снимает балку с первой вагонетки *5*, а каретка *2* передвигает балку в пролет. Затем грузовая тележка *3′* снимает балку с последней вагонетки *5′*, после чего обе двухконсольные каретки *2* и *2′* перемещают ее до опор. Окончательная установка балки в проектное положение производится с использованием продольного, поперечного и вертикального передвижений.

С одной позиции консольно-шлюзового крана можно монтировать пролетное строение шириной до 8,7 м. При бóльшей ширине моста или эстакады кран вместе с рельсовыми путями необходимо переставлять на новую захватку. Процесс монтажа и демонтажа крана является трудоемкой операцией. Чтобы полностью собрать консольно-шлюзовой кран, монтажники в количестве 12 человек затрачивают 10...20 дн. В этом и состоит существенный недостаток способа монтажа пролетного строения консольно-шлюзовым краном.

Для устранения этого недостатка применяют более совершенный монтажно-консольный кран СКШ-100 грузоподъемностью до 100 т. С помощью такого крана можно монтировать не только балки пролетного строения длиной до 42 м при любой ширине моста, но и устраивать опоры.

9.8. Монтаж мостов уравновешенно-навесным способом

Уравновешенно-навесной метод монтажа железобетонных мостов больших пролетов (60...150 м) был разработан в 1954 г. СоюзДорНИИ, а в 1959 г. впервые применен в нашей стране. Сущность этого метода состоит в том, что монтаж пролетного строения ведется уравновешенно, т. е. симметрично (вправо и влево) от средней опоры. Готовые блоки навешивают на ранее смонтированные и закрепляют напряженной арматурой (пучками из проволок или стальными канатами). Достоинство уравновешенно-навесной сборки — отпадает необходимость в устройстве дорогостоящих поддерживающих лесов; судоходство по реке не прекращается; монтаж можно вести круглогодично; высокий уровень индустриализации строительства, так как применяются укрупненные блоки заводской готовности: снижаются трудовые затраты и срок строительства. Навесным методом в СССР уже построено более 30 мостов.

После устройства береговых и русловых опор начинают монтаж пролетного строения от опор *2* и *3* (рис. 9.17). Первые семь блоков (*0*, *1*, *2*, *3* и *1′*, *2′*, *3′*) над опорой *2* монтируют из отдельных элементов козловым краном грузоподъемностью 65 т. Для сборки этих блоков справа и слева от опоры *2* устанавливают инвентарные стойки *1* и металлические подмости с прогонами из двутавровых балок *2* (рис. 9. 16, *а*). На рабочем настиле *3* устраивают вре-

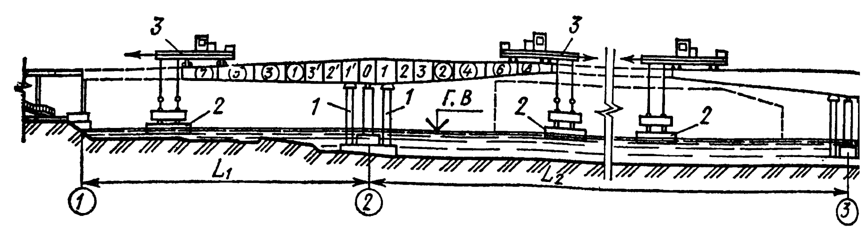


Рис. 9.17. Схема монтажа моста уравновешенно-навесным методом с помощью кранов КМК-160

Рис. 9.18. Монтаж блоков пролетного строения

менные опоры *4* (клетки из брусьев). С помощью клиньев *5* обеспечивают заданный уклон нижней образующей пролетного строения, необходимый строительный подъем и снятие опор после омоноличивания блоков. Временные опоры устанавливают по ширине каждого блока через 1,8 м.

По окончании омоноличивания первых семи блоков сверху них собирают два монтажных крана *3* грузоподъемностью до 200 т, которые ведут уравновешенно-навесную сборку пролетного строения,

продолжают наращивать блоки симметрично относительно оси *2* в таком порядке: *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8* и т. д. (см. рис. 9.17).

Коробкообразные блоки собирают на берегу реки на площадке укрупнительной сборки (кроме первых семи блоков) и к месту монтажа транспортируют на плашкоутах *2* (см. рис. 9.17) двумя катерами: буксирующим и строповочным. Для лучшего соединения одного блока с другим их вертикальные примыкающие стенки имеют пилообразный профиль. Сухие швы между блоками устраивают с применением эпоксидного клея, который наносится на обе стыкуемые поверхности за один раз тонким слоем 0,2...1 мм в такой последовательности: верхняя плита, стенки, нижняя плита. Достоинство сухих (клеевых) стыков — отпадает необходимость в устройстве опалубки, которая необходима при омоноличивании мокрых стыков. Монтаж пролетного строения на клееных стыках можно вести и при отрацательной температуре без принятия специальных мер, удорожающих строительство.

Наводку устанавливаемого блока на ранее смонтированный блок производят краном до полного захода зуба одной части фиксатора в паз другой части фиксатора. Окончательно выверенный и установленный в проектное положение блок закрепляют петлеобразной канатной арматурой *8*, расположенной в бороздах *9* верхней плиты блока (см. рис. 9.18, *б*). Канаты принимают по расчету (52,5 мм) двойной свивки. Внутри блоков подвешивают скобы *6*, опирающиеся на натяжные блоки, размещенные над опорами *2* и *3*. С помощью спаренных гидравлических домкратов *7* канаты *8* натягивают, а затем их заанкеривают в натяжных блоках.

За точностью монтажа пролегного строения необходимо систематически вести геодезические наблюдения. В случае обнаружения отклонения от проектного очертания пролетного строения исправление производится путем наклеивания на соответствующую сторону торца блока металлических прокладок соответствующей толщины.

Так как пролетное строение над опорами *2* и *3* имеет шарниры, то для сохранения устойчивого равновесия балочно-консольной системы на период монтажа устанавливают дополнительные анкерные стойки *1*. При навесной сборке нельзя допускать опережения монтажа на левой консоли относительно правой более чем на один блок. Переезжать на новую позицию кран может лишь тогда, когда смонтированный блок будет окончательно закреплен двумя петлевыми канатами с расчетным усилием, а отвердевший эпоксидный клей в шве наберет прочность на срез не менее 2,5 МПа. Перед подъемом очередного блока кран устанавливают на передние жесткие ноги и заанкеривают к строповочным серьгам пролетного строения. По окончании монтажа первой балки пролетного строения оба крана одновременно съезжают со своих консолей и симметрично движутся к опоре *2*, где по поперечным путям перекатываются на продольные пути второй балки.

Достоинство уравновешенно-навесной сборки пролетного строения с клееными стыками — стоимость монтажных работ снижает-

ся на 10—15 %, срок строительства сокращается в 3...4 раза, трудоемкость — в 1,5 раза, а потребность в монтажном металле — до 8 раз.

9.9. Монтаж подпорных стенок

Подпорные стенки устраивают вдоль рек при строительстве набережных, скоростных магистралей, а также при застройке кварталов на крутом рельефе местности (на террасах). В конструктивном отношении могут быть самые различные варианты подпорных стенок. Они возводятся из сборных железобетонных элементов, в монолите и комбинированные. Комбинированную подпорную стенку (рис. 9.19, *а*), возводимую вдоль реки, устраивают на свайных фундаментах, состоящих из двух рядов наклонных свай *2* и одного ряда вертикальных *3*. Чтобы исключить вынос грунта водой из-под основания подпорной стенки, запроектирован шпунтовый ряд *1* из железобетонных шпунтин сечением 150 × 500 мм, длиной 5 м и отсыпка из гальки *4* (рис. 9.19, *б*) крупностью 15...40 мм. Сверху свай устраивают монолитный железобетонный ростверк *7* с арматурными выпусками 8. Строительство подпорной стенки ведут поточным способом. Впереди идут копры, погружающие шпунт, наклонные и вертикальные сваи (участок L_1). За ними перемещают-

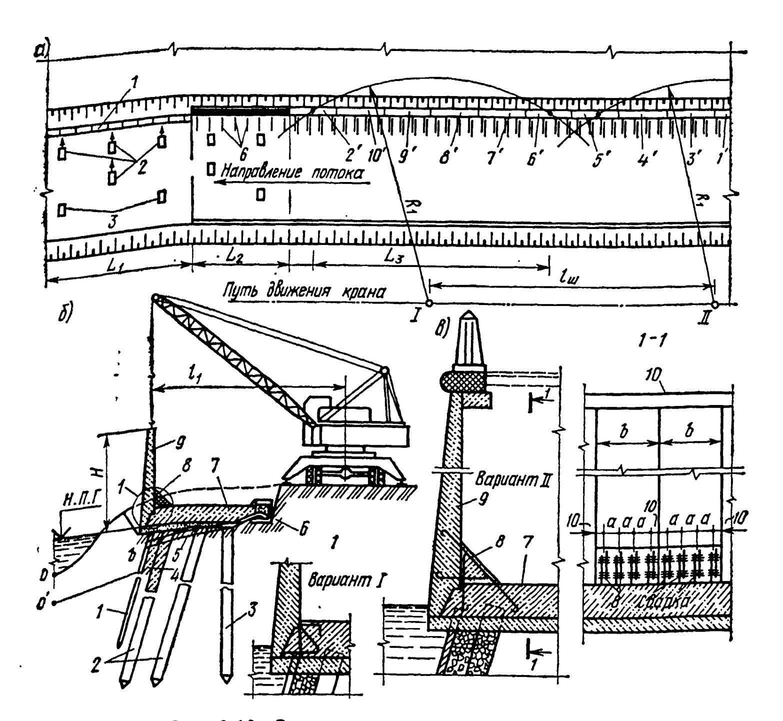


Рис. 9.19. Схема монтажа подпорной стенки

ся звенья по установке опалубки, арматуры и укладке бетона (условно показан участок L_2). Когда бетон наберет необходимую прочность, начинают монтаж стеновых блоков *9* автомобильным краном в последовательности: *1′*, *2′*, *3′*, *4′*,...,*10′*. В зависимости от массы стенового блока устанавливают вылет стрелы крана R_1 и его шаг перестановки $l_{ш}$.

Устойчивость и жесткость соединения стеновых блоков с ростверком обеспечивается сваркой арматурных выпусков *8* (рис. 9.19, *в*) с последующим их омоноличиванием. Сверху сборные стеновые блоки соединяются в единую неразрезную систему с помощью монолитного железобетонного пояса *10*. Вода из пазухи подпорной стенки отводится с помощью дренажа *6* (см. рис. 9.19, *б*) и по асбоцементным трубам *5* стекает в реку.

По окончании монтажа подпорной стенки производят разработку грунта землесосным снарядом (с расширением и углублением реки). Учитывая сезонные колебания уровня воды в реке, ростверк располагают на отметке самого низкого горизонта воды.

9.10. Монтаж подземных пешеходных переходов

При наличии непрекращающегося движения городского транспорта строительство пешеходного перехода ведут по захваткам.

До начала монтажа необходимо определить путь движения крана относительно монтируемых элементов, т. е. найти минимальное расстояние R_{min} (рис. 9.20, *б*) от самого удаленного элемента с массой Q_1, до оси $O - O$

$$R_{min} = b_1 + b_2 = k/2 + b_3 + b_4 + b_5 + b_2 =$$
$$= k/2 + hm + b_2 + 1{,}5,$$

где b_2 — расстояние между осями $Г - В$; k — колея крана, м; b_3 — зазор безопасности (определяется из условия, чтобы колесо монтажного крана не находилось на призме обрушения грунта), $b_3 = 1{,}0...1{,}5$ м; b_4 — заложение откоса, $b_4 = hm$; b_5 — рабочая зона бетонщика (определяется из условия возможности прохода рабочего сбоку опалубки при устройстве бетонного основания).

В зависимости от местных условий среднюю часть пешеходного перехода можно монтировать с расположением крана как с одной, так и двух сторон. В последнем случае кран выбирают из условия возможной установки фундаментных плит массой $Q = 3{,}5$ т по средней оси. Если принять, например, автомобильный кран К-151, можно после установки маячных плит *1* и *2* (рис. 9.20, *а*) монтировать остальные элементы *3...10*. По окончании монтажа фундаментных плит устанавливают сначала маячные колонны *11* и *12*, а в створе их — остальные *13...20*. Когда ведут окончательную выверку и омоноличивание стыков колонн в фундаментных плитах стаканного типа, кран в это время монтирует стеновые блоки по оси, ближайшей к крану. Для этого устанавливают маячные блоки *21* и *22*, а в створе их элементы *23...35* и т. д. Плиты днища монтируют между наружной стеной и фундаментными плитами в сле-

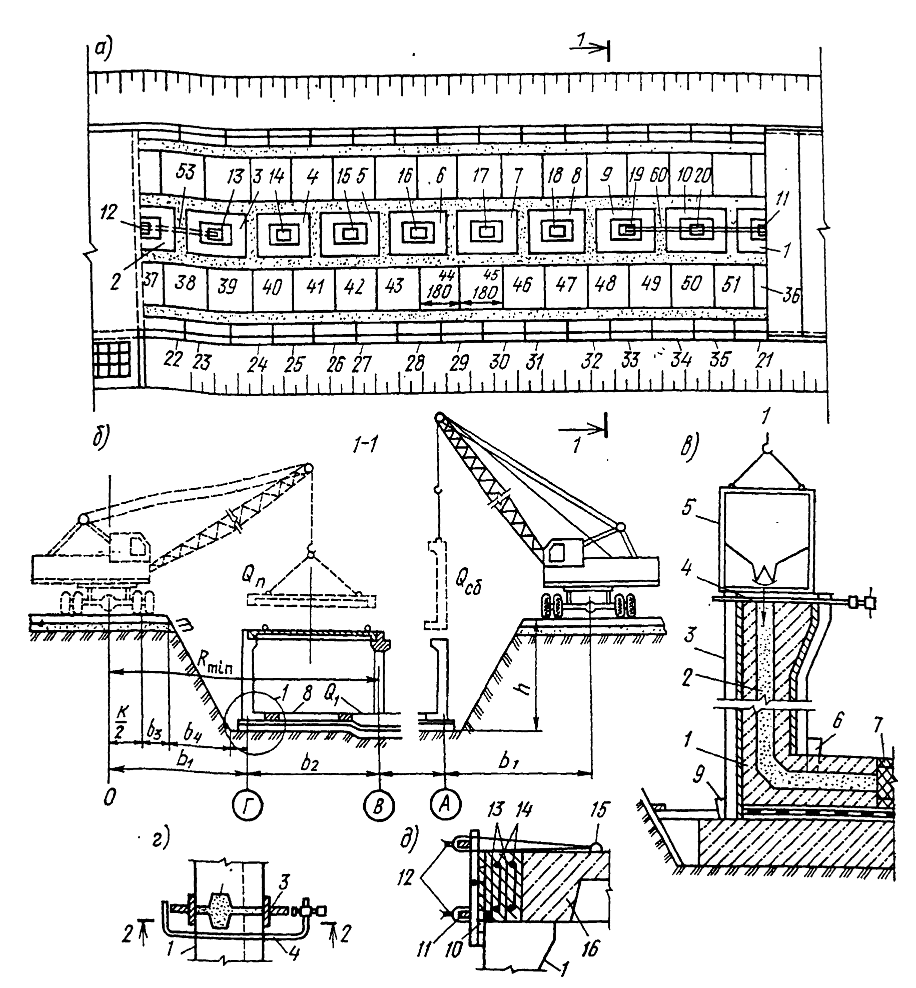


Рис. 9.20. Схема монтажа подземного пешеходного перехода

дующем порядке: маячные *36* и *37* и между ними остальные *38...51*. По окончании установки ригелей кран заканчивает монтаж всех элементов открытой части входа, после чего переезжает на противоположную сторону подземного пешеходного перехода, где устанавливает в проектное положение самые отдаленные от него стеновые блоки, а затем все остальные элементы, указанные на чертеже.

После переезда крана на противоположную сторону пешеходного перехода на первом участке бетонщики начинают омоноличивание плит днища со стеновыми блоками и с фундаментными плитами колонн. Устойчивость и пространственную жесткость стеновых блоков обеспечивают нижним и верхним монолитными железобетонными поясами. Нижний пояс *7* (рис. 9. 20, *в*, узел *1*) состоит из

петлеобразных арматурных выпусков, выходящих из стеновых блоков *1* и плит днища *8* (рис. 9.20, *б*). Петли, примыкающие друг к другу, либо свариваются, либо после электроприхваток внутри них пропускаются продольные стержни и стык омоноличивается бетоном М200.

Герметизация вертикальных швов между стеновыми блоками *1* обеспечивается ростверными шпонками *2* (рис. 9. 20, *в, г*). Для их устройства с обеих сторон блока устанавливают опалубку (нащельники) *3* таврового сечения. Внутренний нащельник внизу закрепляют клином *6*, забитым в горизонтальный шов, а наружный — клином с распоркой *9*. Вверху нащельники зажимаются струбциной *4*, после чего шов заливается пластичным раствором М200 из бункера *5* или подается передвижным растворонасосом. После заливки всех вертикальных швов для верхнего монолитного железобетонного пояса устанавливают опалубку *10* (рис. 9.20, *д*). Отдельные стеновые блоки *1* объединяются в единую неразрезную систему, благодаря арматурным выпускам *13* и плоским каркасам *14*, которые после укладки бетона образуют сплошной железобетонный пояс. Проектное положение опалубки *10* обеспечивается прогонами *11* и скрутками *12*, прикрепленными внизу к арматурным выпускам *13*, а вверху — к монтажным петлям *15* панелей перекрытия *16*.

При строительстве подземных пешеходных переходов и коллекторов на городских улицах в стесненных условиях важной задачей является создание минимальных помех для движения городского транспорта и пешеходов. Уменьшение количества полос проезжей части приводит к снижению скорости движения транспорта и пропускной способности городских улиц. Для устранения этих недостатков целесообразно применять проходческий *щит с передвижной механической крепью* конструкции Главмосинжстроя. Строительная площадка *a—b—c—d* (рис. 9.21, *а*) длиной 15...20 м по

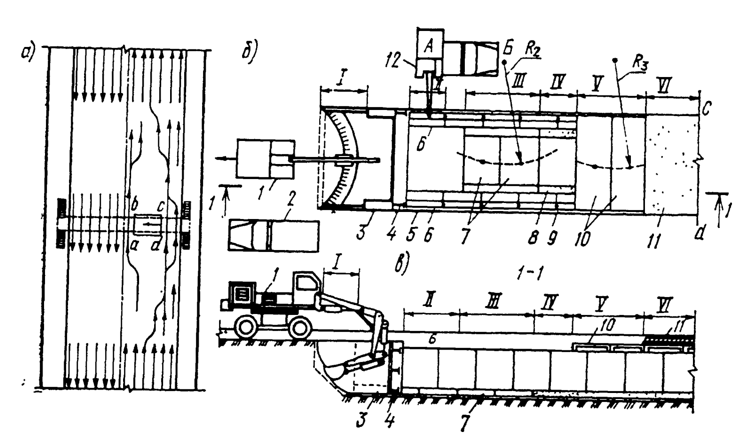


Рис. 9.21. Строительство подземного пешеходного перехода способом «подвижного островка» с применением металлической крепи (открытого щита)

мере выполнения общестроительных работ перемещается справа налево, подобно «подвижному островку», вокруг которого непрерывно движется городской транспорт. На таком «островке» выполняется весь комплекс работ. На участке *I* экскаватор обратная лопата *1* (рис. 9.21, *б, в*) разрабатывает грунт между механизированной крепью и грузит его на автосамосвалы *2*. По мере разработки грунта штоки гидродомкратов *4* упираются в стеновые блоки *6* подземного пешеходного перехода и продвигают проходческий щит *3* (открытый сверху) с хвостовой частью *5* на ширину одного блока. При обратном движении поршней гидродомкратов штоки убираются, а в образовавшееся пространство краном *2* (участок *II*) устанавливается очередной стеновой блок *12* и цикл повторяется. На участке *III* монтируются распорные плиты *7*, а на участке *IV* устраивается нижний монолитный пояс *8* и заливаются цементным раствором вертикальные швы *9*. На участке *V* монтируются плиты покрытия *10* и устраивается гидроизоляция. На участке *VI* восстанавливается проезжая часть *11* и через 6...8 ч открывается движение городского транспорта.

Достоинства проходческого щита конструкции Главмосинжстроя — сокращается срок строительства в 1,5...2 раза; уменьшается объем земляных и транспортных работ в 1,5 раза; значительно снижается трудоемкость и расход металла, так как отпадает необходимость в креплении вертикальных стен котлованов; сокращается расход древесины, так как не устраивается забирка из досок между двутавровыми сваями.

9.11. Монтаж подземных коллекторов

В городском строительстве для прокладки подземных коммуникаций применяют общие коллекторы с размещением в них различных кабелей и трубопроводов; коллекторы специального назначения, в которых размещается только один какой-либо вид подземных сетей; коллекторы для водостока и канализации. В зависимости от размеров различают коллекторы: проходные — высотой внутри более 1,8 м; полупроходные — 1,4...1,6 м и непроходные — 0,6... 1 м. В городском строительстве наибольшее применение нашли проходные коллекторы. Коллекторы возводят из сборных железобетонных элементов, монолитного железобетона и комбинированным способом. В зависимости от количества подземных сетей применяют односекционные и двухсекционные коллекторы.

В зависимости от местных условий монтаж двухсекционного коллектора (рис. 9.22, *а*) выполняют с расположением крана с одной стороны коллектора или с использованием двух кранов, расположенных с двух его сторон. Если двухсекционный коллектор монтировать одним краном, то его грузоподъемность должна быть почти в два раза больше по сравнению с краном, монтирующим с двух сторон. С позиции *I* монтируют сначала наиболее удаленные от крана стеновые блоки таврового сечения по средней оси *Б*. Для этого предварительно устанавливают маячные блоки *1...2* и между

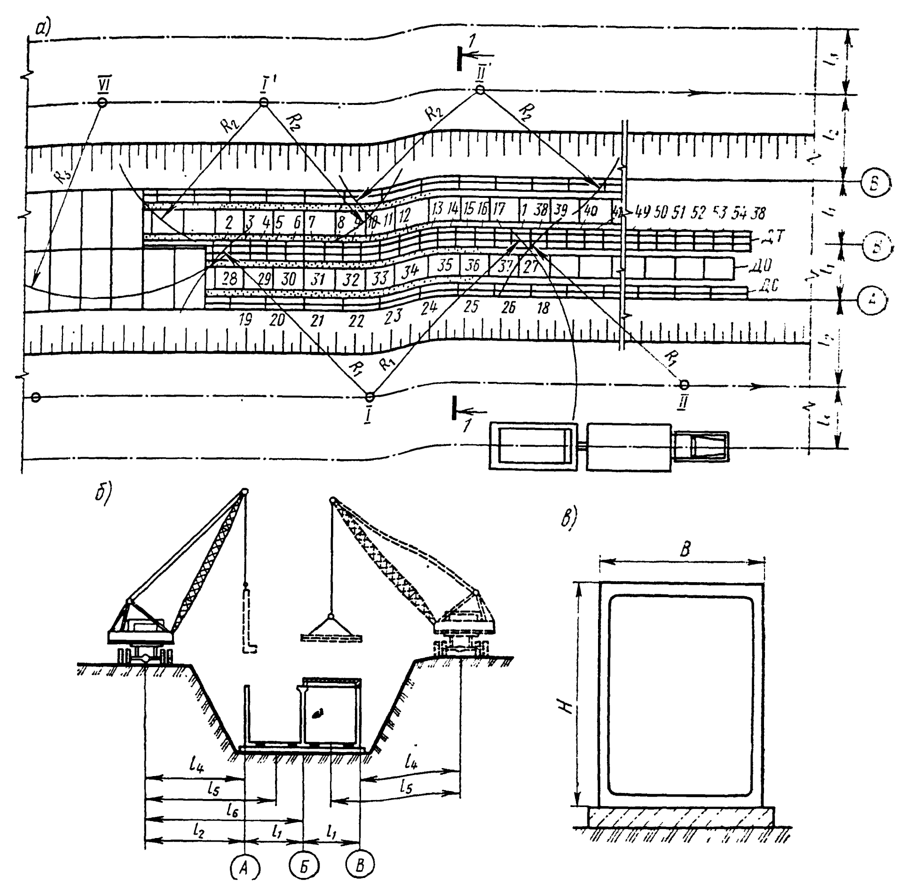


Рис. 9.22. Схема монтажа подземного коллектора

ними остальные — *3...17*. С этой же позиции аналогично монтируют по оси *А* *L*-образные стеновые блоки *18...26*, а затем плиты днища *27...37*. После этого кран переходит на позицию *II*, где вышеуказанный порядок монтажа повторяют.

За первым краном (с отставанием на 10...15 м) движется второй кран, который располагается с противоположной стороны коллектора и монтирует стеновые блоки по оси *В* и плиты днища между осями *Б—В* (позиции *I'*, *II'* и т. д.). Вслед за краном (в каждой секции) движется звено бетонщиков, которое замоноличивает стеновые блоки с плитами днища и заливает раствором вертикальные швы. Технология устройства монолитных поясов и растворных шпонок в вертикальных швах стеновых блоков аналогична, как в подземном пешеходном переходе. Когда закончены работы по замоноличиванию сборных элементов и заливке вертикальных швов, приступают к монтажу плит перекрытия (рис. 9.22, *б*). Эту рабо-

ту выполняет второй кран, поскольку у него получается меньшая загруженность, чем у первого крана, который монтирует стеновые блоки по двум осям. Монтаж плит перекрытия коллектора должен быть увязан с проектом производства работ по монтажу трубопроводов и оборудования (опор, стоек, кронштейнов). Для монтажа коммуникаций могут быть использованы монтажные и смотровые люки, а также монтажные отверстия.

Уменьшение трудоемкости и расхода металла достигается при строительстве коллекторов из жестких замкнутых блоков (рис. 9.22, *в*). В коллекторах из таких блоков нет продольных швов, а это повышает его водонепроницаемость. Для защиты сборных железобетонных элементов от коррозии и повышения их водонепроницаемости наружная поверхность объемных секций покрывается битумно-латексной эмульсией толщиной 2 мм.

9.12. Методика разработки часовых графиков монтажа сооружений с транспортных средств

Поскольку подземные коллекторы относятся к линейным сооружениям, монтировать их целесообразно с транспортных средств.

Почасовые графики монтажа и доставки железобетонных элементов разрабатываются исходя из рациональной технологической

Таблица 9.2. **Почасовой график монтажа сборных конструкций подземного коллектора с транспортных средств**

Смена	Наименование работ	Марка деталей	Номер монтажной позиции	Время монтажа 1-го элемента	Часы и минуты смены
					7-00, 8-00, 9-00, 10-00, 11-00, 12-00, 13-00, 14-00, 15-00
1	Подготовительные работы				
	Монтаж стеновых блоков по оси Б	ДТ	1...17	t_1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15; Обеденный перерыв; 16, 17
	Монтаж стеновых блоков по оси А	ДС	18...26	t_2	19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	Монтаж плит днища между осями	ДС	27...34	t_3	27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34
2					16-00, 17-00, 18-00, 19-00, 20-00, 21-00, 22-00, 23-00, 24-00
	Подготовительные работы				
	Монтаж плит днища между осями А–Б	ДО	35...37	t_3	35, 36
	Монтаж стеновых блоков по оси Б и т.д.	ДТ	38...54	t_1	37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 и т.д.

Т а б л и ц а 9.3. **Почасовой график доставки сборных деталей при монтаже подземного коллектора с транспортных средств**

Смена	Автомашина	Наименование деталей	Марка детали	Номер монтажной позиции	Количество деталей за один рейс	Расстояние транспортировки, км	Прибытие на завод, ч-мин	Выезд с завода, ч-мин	Прибытие на объект, ч-мин	Выезд со строительной площадки, ч-мин.	Общая продолжительность рейса, ч-мин	(Год, месяц и его рабочие дни) Часы и минуты смены: 6-00 (50, 60); 7-00 (10, 20, 30, 40, 50, 60); 8-00 (10, 20, 30, 40, 50, 60); 9-00 (10, 20, 30, 40, 50, 60)
1	МАО-58-42 ЗИЛ-130 1	Стендовые блоки по оси Б	ДТ	1...4	4	8	6-48	6-58	7-20	7-25	0-59	
1	То же 2	То же	ДТ	5...8	4	8	7-48	7-58	8-20	8-25	0-59	
1	—"— 3	—"—	ДТ	9...12	4	8	8-48	8-58	9-20	9-25	0-59	

схемы монтажа. В соответствии с установленным порядком монтажа (см. рис. 9.22, *а*) составляют почасовой график (табл. 9.2), из которого видно, какой элемент когда монтируется. Для удобства изображения условно принято $t_1 = t_2 = 15$ мин, а $t_3 = 10$ мин. На основании почасового графика монтажа составляют почасовой график доставки сборных железобетонных элементов. Из табл. 9.3. видно, что первый блок устанавливают в проектное положение в 7 ч 20 мин. Для рационального использования грузоподъемности транспортных средств тягач на базе автомобиля ЗИЛ-130 привозит на прицепе четыре блока по 1,4 т. Расстояние от завода железобетонных изделий до места монтажа коллектора 8 км. На проезд этого расстояния со скоростью 22 км/ч требуется 22 мин ($t_т = 22$ мин). На погрузку четырех блоков на заводе затрачивается $t_п = 10$ мин. Таким образом, мы получаем: время прибытия на завод 6-48, выезда с завода 6-58, прибытия на объект 7-20. Для сокращения простоя транспортных средств на объекте водитель тягача отцепляет привезенный прицеп с деталями, прицепляет освободившийся к этому времени прицеп и через 5 мин, т. е. в 7-25, уезжает с объекта, а в 7-48 прибывает снова на завод за деталями *5...8*. Из графика видно, что время цикла тягача равно 59 мин, а четыре блока монтируют за 60 мин, т. е. в данном примере грузоподъемность прицепа так подобрана, что один тягач обеспечивает бесперебойную работу звена монтажников.

Достоинство монтажа с транспортных средств — отпадает необходимость в устройстве приобъектного склада с его громоздкими кассетами; для разгрузки деталей на приобъектный склад не нужен кран и такелажник; достигается более четкая работа в трех сферах: изготовление, транспорта и монтажа сборных элементов; образуется как бы «пространственный конвейер», который способствует ритмичной работе. Монтаж с транспортных средств позволяет более рационально использовать механизмы и сократить срок строительства.

9.13. Монтаж покрытий городских улиц из сборных железобетонных плит

Для устройства проезжей части городских улиц применяют различные по размерам, форме и конструктивным решениям железобетонные плиты. Они испытывают большие динамические нагрузки от колес грузовых автомобилей и находятся в неблагоприятных атмосферных условиях, вызывающих в верхней зоне плиты (при пучении грунта) растягивающие усилия. Вследствие больших температурных перепадов возникают линейные деформации, приводящие к расстройству монолитности стыков между плитами. Вместе с этим покрытие из сборных плит должно быть ровным, прочным, долговечным, водонепроницаемым и морозостойким. Таким требованиям удовлетворяют предварительно напряженные железобетонные плиты. Кроме значительной экономии арматуры и бетона предварительно напряженные плиты обладают повышенной трещиностойко-

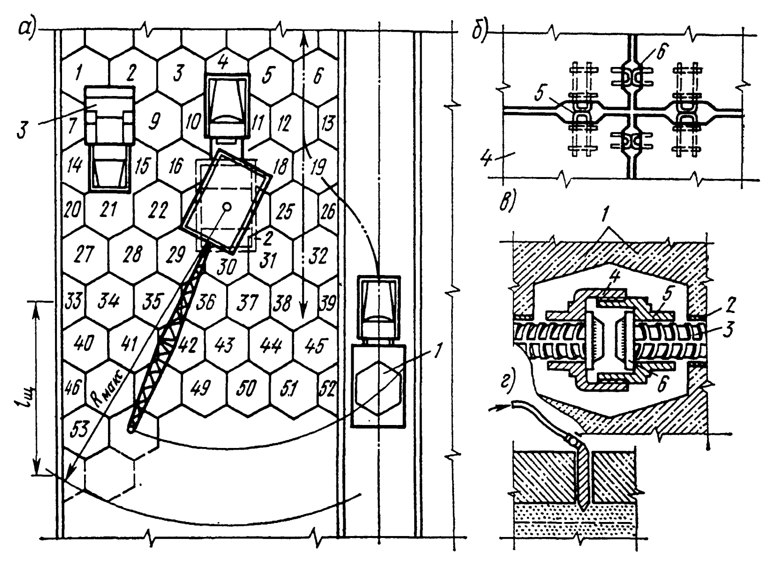


Рис. 9.23. Монтаж покрытия городской улицы из сборных железобетонных плит

стью и жесткостью. Индустриальные способы их изготовления, максимальная степень механизации монтажных работ позволяют ликвидировать сезонность в строительстве городских улиц.

Монтаж покрытия из сборных шестиугольных плит Мосинжпроекта показан на рис. 9.23, *а*. Такие плиты изготовляют с предварительным напряжением методом силового вибропроката. Способ монтажа и выбор монтажного крана *2* зависят от ширины улицы, наличия разделительной полосы и размеров движения городского транспорта. Если имеется разделительная полоса и по ней возможен проезд автомобилей *1*, то монтаж плит покрытия можно вести по всей ширине левого проезда, а по правому проезду в это время движется городской транспорт.

В новом районе застройки, когда на строящейся улице возможно полностью перекрыть движение городского транспорта (с переводом на соседние улицы), монтаж покрытия ведут сразу на левом и правом проездах двумя кранами. Подвоз плит к месту их укладки осуществляют по местным проездам или разделительной полосе.

При отсутствии разделительной полосы работы ведут по захваткам. На первой из них (первой половине ширины улицы) производят монтаж, а на второй — транспортные работы. По окончании устройства покрытия на первой захватке кран переезжает на вторую, а на первой выполняет транспортные работы по готовой проезжей части. Плиты укладывают на спланированное песчаное основание, верхняя часть которого (100 мм) стабилизирована цементом (10...12 % по массе). Для лучшего контакта с песчаным

основанием производят вибропосадку в течение 30...60 с каждой уложенной плиты вибропосадочной машиной *3*.

По окончании вибропосадки осуществляют заделку шва, для чего на $^2/_3$ его высоты внизу заполняют цементно-песчаным раствором М300...400, а на $^1/_3$ сверху — резинобитумной мастикой, разогретой до температуры 180...200 °С. Мастику заливают в швы толщиной 10 мм специальной машиной.

Для покрытий применяют плоские плиты *4* размером 2,5×3; 3×3,5 м, а напряженно-армированные — 6×2, 6×1,5 и 6×1,2 м, толщиной 14 см. Соединяют их друг с другом с помощью свариваемых петлевых арматурных выпусков *5* и *6* (рис. 9.23, *б*), которые затем омоноличивают бетоном М400. Недостатки: плиты малых размеров более чувствительны к неравномерности осадки основания; в процессе эксплуатации смежные плиты получают различную осадку, что приводит к неровности покрытия с ухудшением условий движения автомобилей; большое количество продольных и поперечных швов повышает трудоемкость их заделки; в период эксплуатации швы с трещинами пропускают атмосферные воды, что вызывает снижение несущей способности дорожной одежды.

Разработаны различные соединения плит друг с другом — с помощью растворных шпонок, в четверть, в шпунт и с омоноличиванием арматурных выпусков в швах. Соединения в четверть и шпунт требуют более тщательной подготовки основания. Применяют бесшарнирные стыки между напряженно-армированными плитами, позволяющими получить неразрезную плиту с плотными и водонепроницаемыми стыками. Сущность предварительно напряженного стыка с муфтовыми резьбовыми соединениями (ВЗИСИ, рис. 9.23, *в*) заключается в следующем. В соединяемых смежных плитах *1* концы рабочей арматуры *3* не заделаны жестко в бетоне, а проходят в пластмассовых трубках *2*. Наличие свободных концов арматуры позволяет точнее произвести их рихтовку и необходимую вытяжку для обжатия стыка. На левый конец стержня надевают муфту *4* с внутренней резьбой, а на правый — муфту *5* с внешней резьбой. К торцам стержней приваривают шайбы *6*, являющиеся упорами для муфт. С помощью специального тарировочного ключа муфты свинчивают (одна находит на другую) и тем самым создается необходимое напряжение в шве.

Предварительно напряженные стыки между плитами сборных покрытий можно устраивать с применением плоскосворачиваемых труб (рис. 9.23, *г*). Для этого в шов между напряженно-армированными плитами вставляют плоскую трубу (ленту), сваренную из двух гибких стальных полос. Внутрь этой трубы растворонасосом по резиновому шлангу нагнетают раствор, который при определенном давлении расширяет плоскую трубу и создает необходимое напряжение в стыке. После схватывания раствора трубу, расположенную выше плоскости проезжей части, срезают абразивом.

При устройстве покрытий из сборных плит применяют различные такелажные приспособления. Одним из прогрессивных направлений является беспетлевой монтаж, ибо на 1 м³ сборных железо-

бетонных конструкций расходуется на петли в среднем 4,3 кг, а в массивных конструкциях — до 18 кг стали. Клиновые захваты применяют для монтажа дорожных плит, блоков фундаментов и стен зданий, балок, свай, лестничных площадок, маршей и других сборных конструкций.

Для дистанционного снятия клинового захвата с железобетонного изделия (при монтаже на высоте, при укладке блоков под водой) применяют захваты с пиротехническим или с электромагнитным отцеплением. В обеих этих схемах захват работает по такому же принципу, как с ручным отцеплением.

9.В. МОНТАЖ ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

9.14. Монтаж «нулевых циклов» для полносборных зданий

Подземная часть различных серий панельных домов имеет различное конструктивное решение. Наибольшее распространение получили «нулевые циклы», возводимые из несущих внутренних железобетонных панелей *2* (рис. 9.24, *а*), устанавливаемых на фундаментные плиты *1*. Когда первая панель *2* (с торца дома) установлена в проектное положение, она закрепляется металлическими подкосами к монтажным петлям фундаментных плит *1*. Последующие

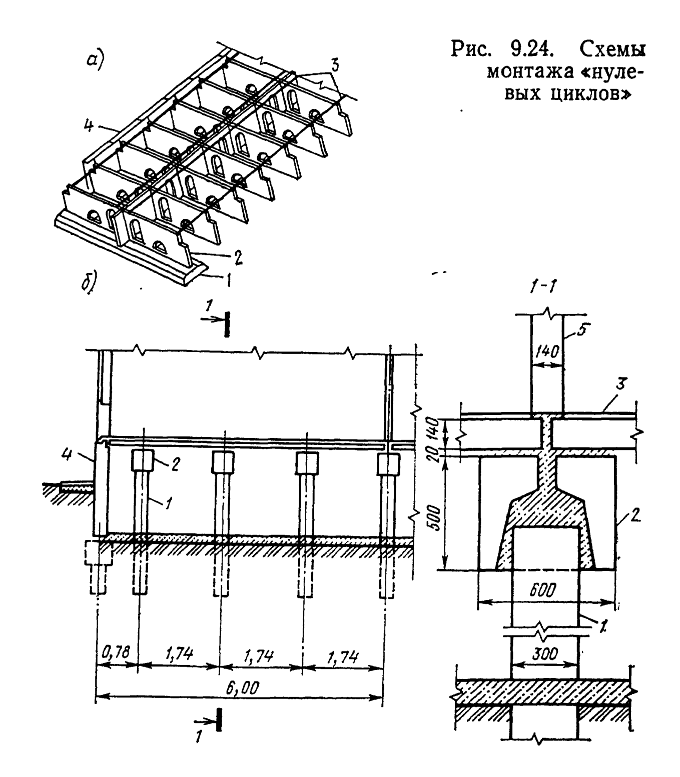


Рис. 9.24. Схемы монтажа «нулевых циклов»

поперечные стеновые панели закрепляются к базовой панели с помощью нижней штанги-фиксатора (пропущенной в проемы для коммуникаций) и двух верхних штанг-фиксаторов *3*. По окончании выверки и установки в проектное положение внутренних стеновых панелей монтируют цокольные панели *4*, которые внизу опираются на фундаментные плиты *1*, а сверху временно (до сварки закладных элементов) с помощью монтажных связей прикрепляются к внутренним поперечным стеновым панелям *2*.

Наиболее экономичной является безростверковая конструкция свайных фундаментов (рис. 9.24, *б*), применяемых для возведения 9...12-этажных крупнопанельных домов. В этом варианте под все внутренние несущие поперечные стены забивают в один ряд сваи *1* с шагом 1,74 м. Сверху свай на проектной отметке *h* устанавливают оголовники *2*, которые омоноличиваются бетоном. На оголовники свай устанавливаются панели *3*, *4* и внутренние несущие панели-перегородки *5*.

9.15. Монтаж надземной части панельных зданий

В городах Советского Союза строительство жилых домов из крупных панелей получило самое широкое распространение. Панельные дома лучшим образом удовлетворяют индустриализации, снижению стоимости и сроков строительства. Все сборные элементы домов изготовляют на домостроительных комбинатах, где технологические процессы полностью механизированы и в значительной степени автоматизированы. На строительной площадке ведется лишь сборка зданий из унифицированных элементов заводского изготовления.

Панельные дома имеют различные планировочные, конструктивные решения и этажность: 5, 9, 12, 16 и 25. Конструктивные решения стыков определяют последовательность монтажа сборных элементов. На рис. 9.25 показан порядок монтажа на первой захват-

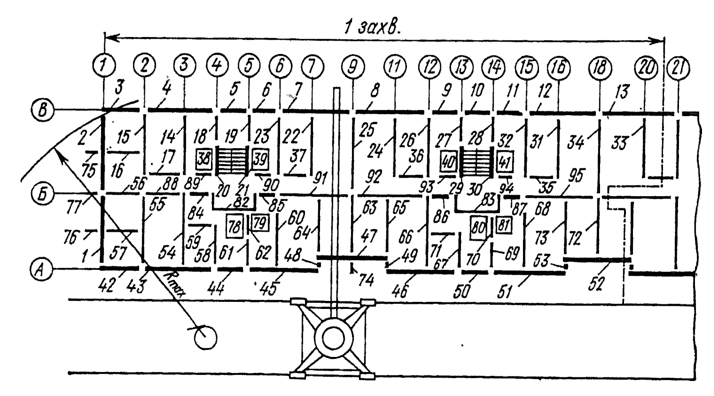


Рис. 9.25. Схема монтажа панельного 9-этажного 4-секционного жилого дома серии П-49

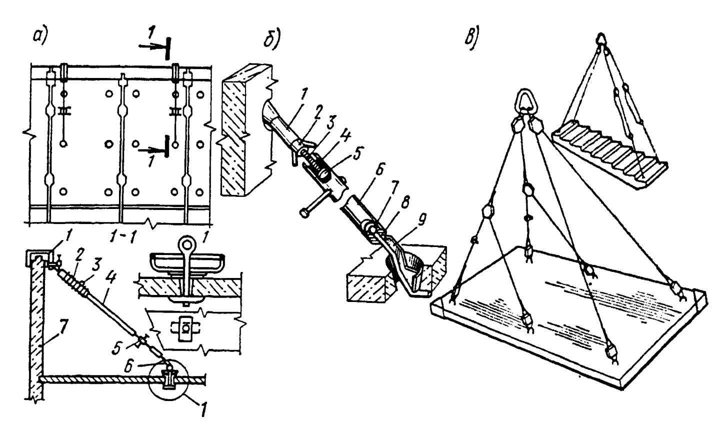


Рис. 9.26. Оснастка для монтажа панельных домов

ке 9-этажного 4-секционного жилого дома серии П-49. Наружные стеновые панели приняты размером на две комнаты (двухмодульные), позволяющие уменьшить количество вертикальных швов, более рационально использовать грузоподъемность крана, уменьшить количество подъемов и сократить срок монтажных работ. Строительство дома ведут с транспортных средств башенным краном с максимальным вылетом 20 м, грузоподъемностью 8 т.

Монтаж начинают с установки базовых панелей наружных стен *1...2*, которые в дальнейшем используются при установке и выверке внутренних поперечных панелей перегородок. Поскольку монтаж ведут «на кран», сначала устанавливают наружные панели по оси *В*, как наиболее удаленные от крана, в таком порядке — маячные панели *3* и *13* и в створе их — все остальные — *4...12*. После этого производят очистку и просушку стыкуемых поверхностей наружных панелей, укладку гернитового жгута на мастике с применением ролика для закатки и наклейку теплоизоляционного пакета на тиоколовой мастике. Когда стыки наружных панелей сданы по акту, приступают к монтажу внутренних панелей-перегородок, вентиляционных блоков, санитарно-технических кабин, лоджий и т. д. в той последовательности, какая указана на схеме монтажа.

Временное крепление и выверку стеновых панелей производят с помощью инвентарных металлических подкосов различных конструкций. Телескопический подкос со струбциной (рис. 9.26, *а*) состоит из верхнего отрезка трубы *2* с отверстиями через 50 мм. Внутрь этой трубы входит труба меньшего диаметра *4* и закрепляется чекой *3*. Сверху подкос имеет струбцину *1*, с помощью которой жестко прикрепляется к монтируемой панели *7*. Внизу подкос заканчивается крючком *6*, который набрасывается на монтажную петлю или на специальное приспособление, вставляемое в монтажное отверстие (см. узел *1*). Окончательная выверка панели с изменением длины подкоса производится поворотом стяжной муфты (фаркопфа) *5*. Недостаток — он весит 32...36 кг и на его закрепление

уходит до 30 % времени монтажа панели. На установку и снятие удлиненных металлических подкосов (с закреплением их сверху монтируемой панели), а также установку лестницы с подъемом и спуском по ней затрачивается дополнительное время.

В подкосе с трехсторонним захватом треста «Мосоргстрой» (рис. 9.26, *б*) вышеуказанные недостатки устранены. Захват состоит из предохранительной втулки *1*, гайки с барашком *2*, внутренней гайки *3*, винта *4*, ограничителя *5*, корпуса *6*, упорного кольца *7*, скользящего подшипника *8* и трехстороннего ключа *9*, с помощью которого подкос закрепляется в монтажном отверстии плиты перекрытия. Верхняя часть подкоса крепится за боковые выпуски арматуры, размещенные в овальной нише наружной стеновой панели на высоте 1,6...1,7 м от уровня плиты перекрытия.

Вертикальность стеновых панелей и перегородок контролируют с помощью рейки-отвеса. Если нить отвеса совпадает с контрольным делением на шкале рейки, то это свидетельствует о том, что панель находится в вертикальной плоскости. Рейки-отвесы бывают различные по своей конструкции: с защитным устройством от раскачивания отвеса ветром, с сигнальной электрической лампочкой от сухого элемента и др.

Для дистанционной расстроповки, т. е. снятия крюка стропа или траверсы с монтажной петли стеновой панели, используют полуавтоматическое захватное приспособление. Применение облегченной оснастки с вертлюжным устройством (масса подкоса 8 кг), а также дистанционной расстроповки позволило сократить время монтажа одной панели в два раза. Численность звена монтажников уменьшилась с четырех до трех человек. Металлоемкость монтажной оснастки для одного дома снизилась в четыре раза.

Для монтажа плит перекрытий размером на комнату применяют универсальный шестиветвевой строп (рис. 9.26, *в*). Его балансирные стропы позволяют равномерно распределить нагрузку между собой. Лестничный марш монтируют четырехветвевым стропом, который обеспечивает ему проектный уклон. Подъем марша можно осуществлять как за монтажные петли, так и без них, с помощью специального захвата, состоящего из двух распорок, двух замков и четырех щек.

9.16. Технология герметизации и заделки стыков в панельных зданиях

В панельных зданиях «уязвимым местом» являются стыки в наружных стенах. В период эксплуатации зданий они испытывают температурные деформации, под воздействием которых ухудшается их герметизация. В период сильного ветра и косого дождя в трещины стыков попадает влага. От попеременного замерзания и оттаивания воды трещины увеличиваются, монолитность шва нарушается, а его теплотехнические свойства ухудшаются. По этим причинам на ремонт стыков в панелях наружных стен ежегодно в городах СССР расходуется до 160 млн. руб.

Когда смонтированы базовые панели, от них на расстоянии (равном поперечному шагу) устанавливают поперечные панели-перегородки и сверху фиксируют инвентарными связями. Это избавляет монтажников от необходимости неоднократного контроля проектного расстояния между смежными панелями с помощью стальной мерной ленты.

При установке внутренних несущих панелей перегородок возникают трудности в обеспечении точности их монтажа. Смонтированное междуэтажное перекрытие полностью закрывает внизу расположенные стеновые панели. Для соосного их расположения на следующем этаже применяют различные по конструкции и материалу фиксаторы.

На рис. 9.27, *а* показан *платформенный стык* внутренних панелей перегородок *1* и *4* и панелей перекрытий *3* с применением сквозных железобетонных конусов-фиксаторов *2*. Между панелями перекрытия они жестко заделываются цементно-песчаной пастой. Приготовляют ее из сухого и мелкого песка с влажностью не более 1...2 %, крупностью частиц не более 0,6 мм, на портландцементе М500...600 с соотношением (по массе) 1:1. В качестве замедлителя схватывания (до 4...5 ч) и пластифицирующей добавки применяют нитрит натрия ($NaNO_2$) в количестве 5 % от массы цемента в летних условиях и 10 % — в зимних. Цементно-песчаную пасту расстилают сверху панели специальным ковшом. Ширину наносимого слоя принимают на 20 мм меньше толщины панели-перегородки, толщину горизонтальных швов — 5 мм. Цементно-песчаная паста М300...400 позволяет получить равнопрочный шов. Это имеет большое значение при монтаже зданий большой высоты.

Металлические фиксаторы 6 со скобой (рис. 9.27, *б*) применяют для монтажа несущих панелей-перегородок. В заводских условиях сверху панели устанавливают по два фиксатора. На ранее смонтированные стеновые панели *1* тонким слоем расстилают цементно-песчаную пасту 2 и укладывают панель перекрытия *3* размером на комнату. Верхнюю стеновую панель *5* устанавливают на тонкий слой цементно-песчаной пасты. Ее проектное положение обеспечивается фиксатором *6*. Для совмещения с проектной вертикальной осью верхняя панель должна примкнуть к металлической пластине (шайбе) *4*, расположенной на 50 мм от ее наружной плоскости. Пространство *7* вокруг фиксатора и над ним заполняют бетоном М400.

На рис. 9.27, *в* показан *нахлесточный стык,* в котором полтолщины одной наружной панели находит на другую и тем самым вертикальный стык прикрывается с фасада смежной панелью. Воздухо- и влагонепроницаемость обеспечивают двумя рядами гернитового жгута *7* диаметром 40 мм на клее КН-2, а с фасадной стороны шов заполняют цементно-песчаной пастой 6 с добавкой эмульсии ПВА. Изнутри швы заделывают паклей *5,* смоченной в гипсовом растворе, и окончательно зачеканивают цементным раствором *3.* Наружные керамзитобетонные стеновые панели 4 соединяют с внутренними перегородками *1* с помощью оцинкованных металлических пластин 8 и болтов *9*. Проектное положение наружных стено-

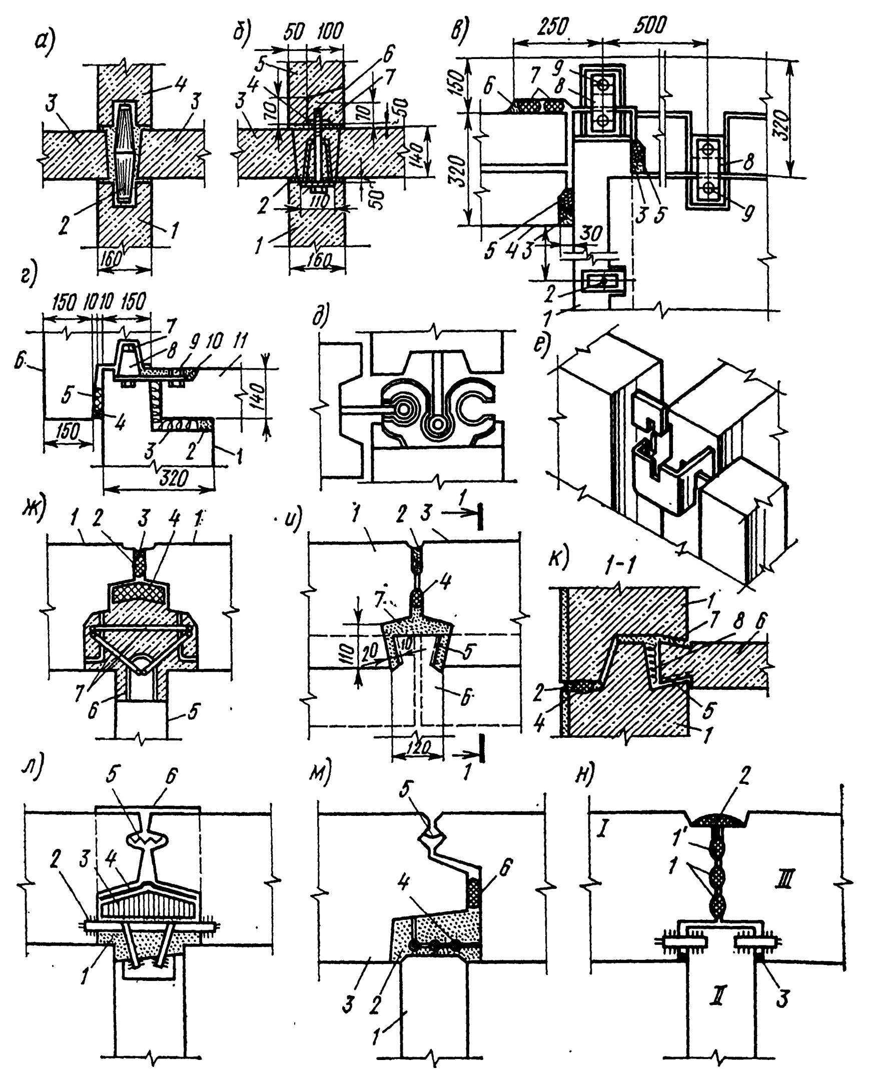


Рис. 9.27. Технология устройства стыков панельных домов

вых панелей определяют железобетонными фиксаторами *8* (рис. 9.27, *г*), а внутренних — металлическими фиксаторами *2* (рис. 9.27, *в*). Достоинства такого стыка — обеспечивается надежная герметизация швов; от температурных деформаций не происходит раскрытия вертикальных швов; отсутствие мокрых процессов по замоноличиванию швов (особенно в зимних условиях) позволяет снизить трудозатраты и стоимость строительства; пространственная жесткость здания обеспечивается не сваркой закладных эле-

ментов, а оцинкованными болтовыми соединениями, которые более надежно защищены от коррозии. Горизонтальный шов в этом же стыке закрыт с фасада нависающей панелью *6* (рис. 9.27, *г*). Панель перекрытия *11* находит на наружную стеновую панель *1* и соединяется с нею с помощью оцинкованной металлической пластины *10* и болтов *9*. Железобетонный конический фиксатор *8*, закрепляемый болтом *7*, предназначен для точной посадки на место стеновой панели *6*. Герметизацию шва выполняют с фасадной стороны гернитовым жгутом *5*, цементно-песчаной пастой *4* с добавкой эмульсии ПВА, а с внутренней стороны — паклей, смоченной в гипсовом растворе 3 с зачеканкой цементным раствором *2*.

В Ленинграде при монтаже панельных домов используют способ *пространственной самофиксации*. При этом применяют два типа замковых соединений: прошивной — «кулачок-пластина» (рис. 9.27, *д*) и полосовой замок (рис. 9.27, *е*). Монтаж начинают с установки базовой внутренней панели на два нижних штыря с шайбами (по типу фиксатора см. рис. 9.27, *б*). Шайбы-гайки имеют возможность перемещаться по штырю с резьбой и тем самым фиксировать монтажный горизонт. Первую панель временно закрепляют и выверяют в вертикальной плоскости с помощью подкосов. Следующую внутреннюю панель монтируют по продольной оси перпендикулярно первой и своими «кулачками» она входит в лунку базовой панели. Наличие фасок и скосов в замковых соединениях облегчает посадку панели в проектное положение под воздействием собственной массы. В последующем панели монтируют по способу создания замкнутых контуров, в которых замыкающим элементом является наружная панель. Достоинство метода пространственной самофиксации — отпадает необходимость в применении подкосов для временного крепления панелей; жесткость в узлах создается не сваркой закладных элементов, а специальными замками, имеющими заводское антикоррозионное покрытие; представляется возможность несколько сократить срок строительства.

Но применяемый способ пространственной самофиксации имеет свои недостатки — требуется высокая степень точности изготовления не только железобетонных изделий, но и закладных элементов; затрудняется замоноличивание вертикального шва, так как сверху него располагаются элементы замкового соединения.

При монтаже панельных домов применяют *монолитный стык* (рис. 9.27, *ж*). Наружные стеновые панели *1* соединяют с внутренними *5* с помощью накладных скоб *7*, привариваемых к петлям 6. После сварки производят или восстанавливают (заводское) антикоррозионное цинковое покрытие методом электрометаллизации, газопламенным напылением цинкового порошка или с применением протекторных грунтов (смесь лака кукерсоль и 90...92 % цинковой пыли). Герметизацию в панелях наружных стен обеспечивают гернитовым жгутом или прокладкой пороизола *2* с разделкой швов цементным раствором *3* по уплотнительной мастике УМ-40 или нетвердеющей мастике УМС-50. Непромерзаемость шва обеспечивают термопакетом *4*. Полость верти-

кального стыка заполняют керамзитобетоном, а в зоне расположения закладных деталей — тяжелым бетоном М200.

Наряду с вышерассмотренными стыками при строительстве панельных зданий применяется *безметальный самозаклинивающий стык* (ЦНИИЭПЖилища). Сборные детали соединяют друг с другом не с помощью сварки закладных элементов, а по типу «ласточкин хвост», устраиваемого на торце внутренней панели-перегородки *6* (рис. 9. 27, *и*). Сначала устанавливают наружную стеновую панель *1*, к которой приставляют внутреннюю панель-перегородку *6*, и узел замыкают наружной панелью 3. Герметизацию шва производят аналогично вышерассмотренным, т. е. с укладкой грунтового жгута *4* и цементного раствора *2*. Жесткость узла обеспечивается цементным раствором *7*, которым заполняют всю полость вертикального шва. Панель перекрытия *6* опирается на наружную панель *1* и соединяется с нею также по типу «ласточкин хвост» (рис. 9. 27, *к*). Для лучшей связи сборных элементов друг с другом наклонные плоскости типа «ласточкин хвост» в вертикальном и горизонтальном швах имеют не гладкую, а рифленую поверхность *5*. Достоинство безметального стыка — экономия металла; сборные элементы соединяются друг с другом по всей длине стыкования, благодаря чему устраняется концентрация напряжений в местах расположения закладных элементов. Недостаток — трудоемкость заполнения цементным раствором вертикальных швов толщиной 20 мм на высоте стеновой панели 2,8 м.

На рис. 9. 27, *л* показан *открытый стык* (ЦНИИЭПЖилища), в котором с фасадной стороны вертикальный и горизонтальный швы не заполняют раствором (на половине толщины стеновой панели). Чтобы исключить попадание косого дождя в вертикальный шов, в нем устанавливают гофрированную водоотбойную алюминиевую пластину *5* с водоотводящим фартуком *6*. Воздухонепроницаемость вертикального шва обеспечивают наклейкой из герлена, бутилкаучука или наирита *4* шириной 180 мм. Для того чтобы вертикальный шов не промерзал в зимних условиях, в его полости наклеивают термопакет *3* из полистирольного пенопласта ПСБ или минераловатных плит, обернутых полиэтиленовой карбамидной пленкой или пергамином. Жесткость в узле обеспечивают сваркой закладных стальных пластин *2* с последующей антикоррозионной их защитой способом газопламенного или механического нанесения покрытий из лакокрасочных материалов. После этого устанавливают опалубку-нащельник (с двух сторон панели перегородки) и укладывают раствор *1* в полость вертикального шва. Чтобы исключить увлажнение дождевой водой открытых плоскостей вертикального шва, на заводе их покрывают грунтовкой, а затем наносят тиоколовую мастику «АМ-0,5» или «14 ТЭП-8».

На рис. 9.27, *м* показан стык двух наружных стеновых панелей *3* и внутренней стеновой панели *1* с помощью *замковых соединений 4*. В этом стыке устанавливают водоотбойную наиритовую ленту *5*, воздухозащитную гернитовую прокладку *6*, а после выверки и уста-

новки в проектное положение стеновых панелей *3* полость вертикального шва заполняют цементным раствором *2*.

В *сухом стыке* (разработанном автором) функцию водоотбойного элемента выполняет нащельник *2* (рис. *9. 27, н*), сделанный из атмосферостойкого пластмассового материала и покрытого сверху светозащитным слоем. Нащельник соединен с первым гернитовым жгутом *1'*.В зависимости от климатической зоны в толще вертикального шва может быть 2—3 гернитовых жгута, выполняющих функцию воздухозащитного герметизирующего материала. Воздушные прослойки между ними повышают теплотехнические свойства стыка. Гернитовые жгуты *1* и *1'* вместе с нащельником *2* наклеивают на заводе одной своей стороной к торцовой плоскости стеновой панели *I*. После установки панели-перегородки *II* стык замыкается стеновой панелью *III* и с помощью панелеустановщика (см. рис. 9.28) гернитовые жгуты *1* и *1'*, в том числе и упругие прокладки *3*, обжимаются до 40 % своего первоначального объема. Достоинство сухого стыка — отсутствие мокрых процессов, что позволяет снизить затраты ручного труда (особенно в зимних условиях); экономия материалов, так как отпадает необходимость в устройстве водоотбойной алюминиевой ленты, водоотводящего фартука, воздухозащитной ленты, термопакета и раствора для омоноличивания вертикального шва.

9.17. Пути дальнейшей механизации и автоматизации монтажных работ

Несмотря на применение вышерассмотренной монтажной оснастки и более совершенных типов стыков, монтажные работы остаются все же трудоемкими. Вручную выполняются такие процессы, как устройство растворной постели, закрепление и снятие подкосов для временного крепления и выверки панелей, герметизация стыков, устройство термопакетов, сварка и антикоррозионное покрытие стальных закладных элементов, замоноличивание швов с установкой и снятием опалубки, перестановка монтажных стремянок, инструментов, ящиков для раствора и т. д. В зависимости от типа стыка трудозатраты (приведенные к одной стеновой панели) составляют 100—150 чел-мин. Такая большая трудоемкость объясняется несовершенством применяемой оснастки, которая не позволяет быстро произвести выверку стеновой панели и выдержать необходимую толщину шва от торца ранее смонтированного элемента.

В период монтажа стен панели не всегда находятся в вертикальной и горизонтальной плоскостях, так как стропы не имеют абсолютно одинаковую длину, а петли заделаны на разную глубину и с некоторым смещением относительно центра тяжести панели. Все это затрудняет посадку панели на фиксаторы и особенно на три точки при наличии замковых соединений (два нижних фиксатора и один замок с торца панели).

Процесс монтажа осложняется и тем, что башенные краны предназначены лишь для выполнения подъемно-транспортных опера-

ций и не один из них не приспособлен для выполнения операций, связанных с выверкой и установкой панелей в проектное положение. Машинист башенного крана, находясь высоко в кабине, не видит ни фасадную плоскость, ни монтажный горизонт, ни торцевую плоскость ранее установленного элемента. Для совмещения монтируемой панели с тремя плоскостями бригадир монтажников подает машинисту башенного крана необходимые сигналы и лишь после ряда последовательных движений (поворот стрелы, опускание монтируемого элемента в сочетании с движением крана) панель устанавливают приближенно на свое место. Окончательную выверку производят подкосами (за исключением замковых соединений) и монтажными ломами вручную.

Для устранения этих недостатков автором (а. с. № 749999) предложен специальный панелеустановщик, который должен выполнять все операции, связанные с устройством растворной постели, выверкой и установкой стеновых и перегородочных панелей. За башенным краном остаются лишь функции по подъему и подаче сборных элементов к месту их монтажа.

Для выполнения комплекса работ, связанных с выверкой, установкой стеновых панелей в проектное положение, с герметизацией и омоноличиванием стыков на перекрытии дома устанавливают два панелеустановщика *№ 1* и *2* (рис. 9. 28, *а*). Каждый из них состоит из стальной рамы 1, имеющей возможность перемещаться по перекрытию на колесах с жестким резиновым ободом. На раме расположена монтажная башня *13* (рис. 9. 28, *б*) с возможностью ее перемещения вдоль панелеустановщика по рельсам *14*. На монтажной башне размещены два бункера: $Б_1$ и $Б_2$. Из бункера $Б_1$ через патрубок *12* цементный раствор по резиновому шлангу подают к раздаточному бункеру *14* (рис. 9. 28, *б*). Толщина растворной горизонтальной постели регулируется секторным затвором *15* и профилирующим ножом *16*. Чтобы исключить разбрызгивание раствора при выходе его из сопла, сверху профилирующего ножа расположен защитный кожух *17*. Из бункера $Б_2$ через патрубок теплый раствор по резиновому шлангу подается для омоноличивания полости вертикального шва (в существующие типы стыков). В бункера $Б_1$ и $Б_2$ раствор может поступать с помощью растворонасоса, расположенного на поверхности земли, или — из небольшой растворосмесительной установки, запроектированной на монтажной башне. В последнем варианте в нужное время и в нужном количестве будет приготовляться пластичный раствор из сухих смесей.

К верхней части монтажной башни прикреплены консольные балки 8, на которых размещены гидравлические домкраты 10. К штокам гидродомкратов подсоединены канаты, идущие к траверсе *7*.

В новом способе монтажа используется опережающая фиксация тех плоскостей, в которых устанавливается стеновая панель. Для этого используются три направляющие рамки на панелеустановщике *№ 1* и две — на панелеустановщике *№ 2*. Все они автоматически устанавливаются по лазерным приборам, размещенным

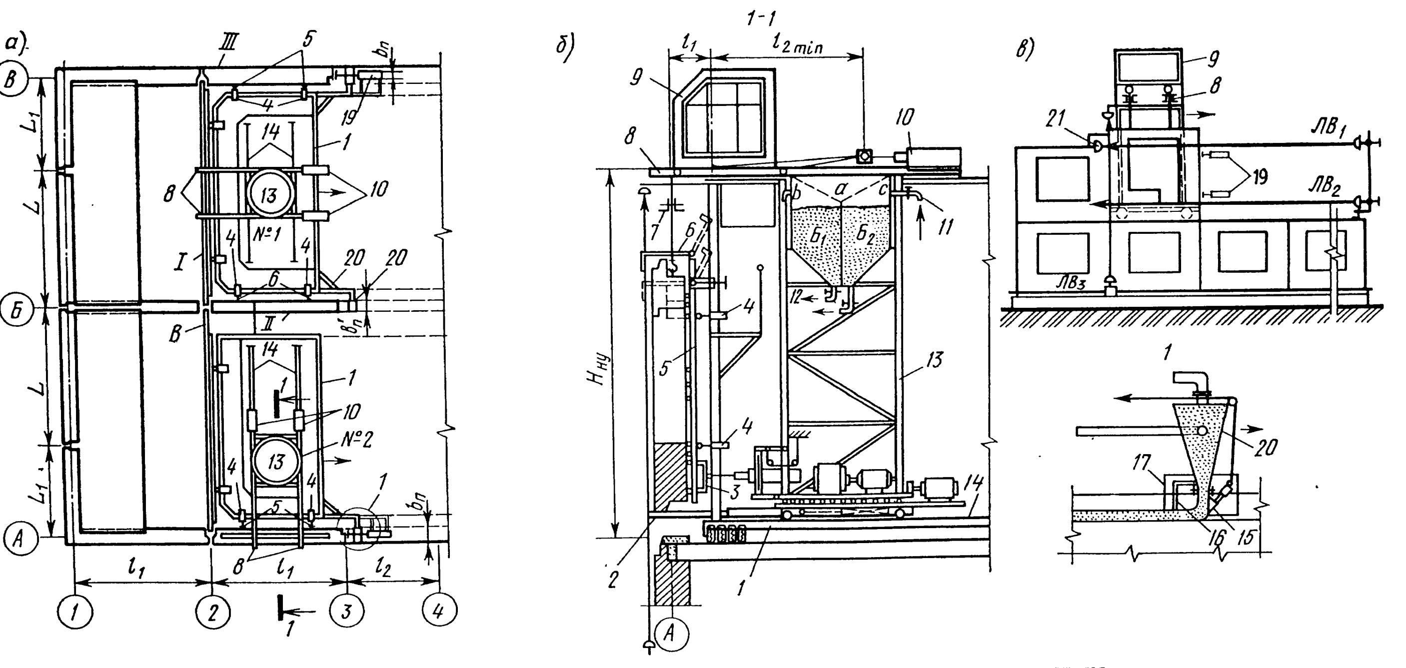


Рис. 9.28. Схема монтажа стеновых панелей с помощью панелеустановщика

на инвентарных стойках и закрепленным на торцовой стене дома (рис. 9. 28, *в*). Луч лазерного визира $ЛВ_1$ попадает на фотоприемное устройство *21*, сигнал которого поступает в индикатор, расположенный в кабине оператора 9. По выданному сигналу гидродомкраты *4* устанавливают направляющую рамку *5* и фиксируют заранее вертикальную плоскость наружной стены по оси *А*. Верхний луч лазерного визира одновременно контролирует и точность установки стеновой панели в горизонтальной плоскости. Аналогично по лазерному визиру $ЛВ_3$ фиксируется вертикальная плоскость, проходящая по поперечным осям *1*; *2*; *3*; *4* и т. д.

После того как зафиксированы указанные плоскости, башенный кран подает на выдвижные консоли *2* стеновую панель. Сверху на нее механически набрасываются скобы 6, снимаются стропы башенного крана, закрепляются на монтажных петлях крюки подвесок гидродомкратов и начинается установка стеновой панели в проектное положение. Для этого монтажная башня 13, приподняв стеновую панель, отъезжает немного от наружной стены и подводит ее вплотную к направляющей рамке *5*. Для плотного прижатия панели к нижней части рамки используют вакуумные захваты *3*, подвешенные через систему блоков к гидродомкратам *10*. Монтажная башня, поворачивая немного консольные балки, плавно подводит монтируемую панель к торцовой плоскости ранее установленной панели. С помощью двух гидроцилиндров *19*, расположенных по продольной оси наружной стены, обжимаются в вертикальном шве гернитовые жгуты до 40 % своего первоначального объема. После этого стеновая панель опускается на готовую растворную постель.

Монтажные работы, например, с помощью панелеустановщика № *1* выполняют в таком порядке: сначала устанавливают внутреннюю панель перегородки *I*, к ней приставляют панель *II* по внутренней продольной стенке и [-образная ячейка замыкается наружной стеновой панелью *III*. Закончив выверку и установку стеновых панелей в проектное положение, реле времени включает ходовой механизм и панелеустановщик переезжает на новую позицию, проехав расстояние l_1 или l_2, равное шагу между внутренними несущими панелями-перегородками. Точность передвижения панелеустановщика (с заданным шагом) контролируют лазерным визиром $ЛВ_3$, который также перемещается механически вдоль здания по направляющему двутавру.

Для того чтобы панелеустановщик мог бы переехать на новую позицию, необходимо [-образной ячейке придать пространственную жесткость. Если для этого применять существующую технологию образования вертикальных швов, т. е. шовно-дуговую сварку закладных элементов, то агрегат будет стоять на каждой позиции более 25 мин. Для сокращения этого времени необходимо применять сухие стыки и специальные закладные элементы, разработанные автором (а. с № 844708). В конструктивном отношении они представляют следующее. В соединяемых элементах *1—2—3* и *4—*

5—6 (рис. 9.29, *а*, *б*) на заводе закладываются металлические стаканы *8* (рис. 9.29, *б*) Ø 16...18 мм, высотой 80 мм. Внутрь каждого стакана вставляют муфту с двумя парами продольных выточек. В муфту вставлен стержень *10* со штифтами, которые сначала перемещаются по верхней паре продольных выточек. Когда пружина *7*, расположенная на дне стакана, получит необходимое обжатие, стержень *10* поворачивается на угол 90°. В это время штифты перемещаются по горизонтальным выточкам, а из них попадают в нижнюю пару вертикальных выточек. Длина их рассчитана таким образом, чтобы пружина всегда находилась в сжатом виде и обеспечила бы расчетное усилие прижатия контактной головки *9* к закладному элементу *4* замыкающей панели *3*. Достоинство закладных элементов с «плавающей» контактной головкой *9* — замыкающая стеновая панель *3* имеет шесть степеней свободы (ее можно в период выверки перемещать на себя, от себя, вправо, влево, вниз, вверх без потери контакта с «плавающими» головками *9*); независимо от толщины горизонтального шва и степени его обжатия стержень *10* может опускаться или подниматься без потери контакта с закладной пластиной *4*. По окончании выверки стеновых панелей включается ток от трансформатора, расположенного на раме агрегата, и производится мгновенная контактно-точечная сварка.

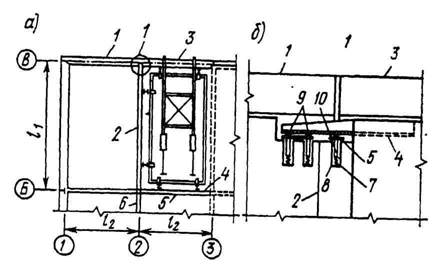


Рис. 9.29. Схемы соединения стеновых панелей с помощью «плавающих» контактных головок

Параллельно с монтажом стеновых панелей производится укладка панелей перекрытий размером на комнату с механизированным устройством для них горизонтальной постели. По окончании монтажных работ на предыдущем этаже башенный кран переставляет панелеустановщики на смонтированное перекрытие последующего этажа, где работы выполняются в аналогичном порядке.

Применение прогрессивной технологии монтажа панельных зданий с использованием специального панелеустановщика позволяет: уменьшить общие трудозатраты в 3...4 раза; сократить продолжительность монтажных работ в 3...4 раза и количество рабочих в 2...3 раза; повысить эффективность использования башенного крана в 1,5...2 раза, так как он не держит на своем крюке стеновую панель до момента окончания ее выверки, а выполняет лишь подъемно-транспортные операции, подавая стеновые панели на два панелеустановщика; механизировать процессы устройства горизонтальной растворной постели; повысить точность монтажных работ, что особенно важно при строительстве зданий повышенной этажности; упростить технологию монтажных работ, выполняемых в зимнее время.

9.18. Монтаж каркасно-панельных зданий

Наряду с панельными домами повышенной этажности применяют здания каркасно-панельной конструкции высотой 16; 25 и более этажей. В таких домах каркас воспринимает вертикальную нагрузку от навесных панелей наружных стен, панелей перекрытий, перегородок, санитарно-технических панелей, лестничных площадок, маршей и всего оборудования дома.

При строительстве каркасно-панельных домов наиболее трудоемким является монтаж железобетонного каркаса. Для обеспечения необходимой точности монтажа двухэтажных колонн (в 16-этажных домах) применяют монтажно-кондукторный комплект, разработаннный СКБ Мосстроя и трестом Мосоргстрой. Он состоит из четырех групповых кондукторов № *1, 2, 3* и *4* (рис. 9.30, *а*), которые устанавливают на перекрытии нечетного этажа относительно разбивочных осей. База кондуктора не должна смещаться относительно своего положения более чем на 50 мм. Для упрощения установки применяют специальный шаблон, фиксирующий положение кондуктора на перекрытии относительно оголовков выступающих колонн. Характерная особенность этого кондуктора состоит в том, что предварительно производят выверку самого кондуктора, а колонны к нему лишь приставляют и фиксируют в проектном положении специальными захватами. Верхние захваты-фиксаторы кондуктора № *1* вместе с геодезическими линейками выверяют по теодолиту относительно дополнительной продольной и поперечной

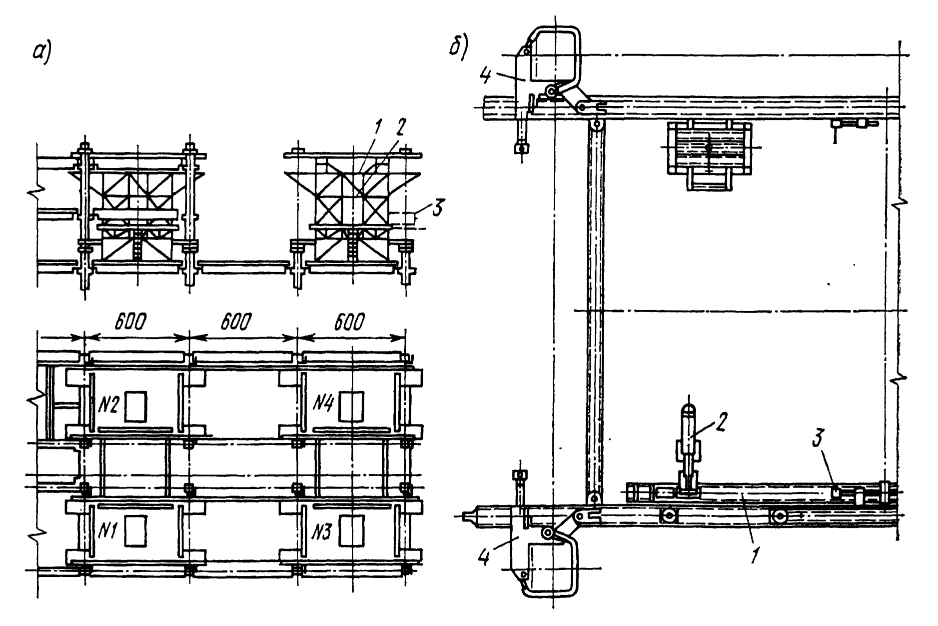


Рис. 9.30. Схема последовательности установки монтажно-кондукторного комплекта

осей. Это достигается перемещением индикаторной шарнирной рамы *1* (рис. 9.30, *б*) с помощью регулировочных домкратов *2* и винтов *3*. База кондуктора имеет два яруса рабочих площадок: верхнюю *1* (см. рис. 9.30, *а*) и нижнюю 2, каждая из которых оборудована четырьмя дополнительными выдвижными площадками *3*. Используют их для создания удобных условий рабочим при монтаже ригелей, временном креплении поперечных диафрагм жесткости и перегородок. База кондуктора оборудована откидывающимися захватами. Положение кондукторов *№ 2, 3* и *4* фиксируют относительно первого кондуктора с помощью продольных и поперечных тяг, а также совмещением отметок геодезических линеек с дополнительной продольной и поперечной осями. После установки всех четырех кондукторов начинают монтаж колонн, диафрагм жесткости и ригелей. С помощью крана колонны осторожно подводят к верхним и нижним фиксаторам *4* кондуктора (см. рис. 9.30, *б*) и плавно опускают на сферическую поверхность ранее смонтированной колонны. При точном совпадении осей устанавливаемой колонны с осями ранее смонтированной колонны производят ее временное закрепление в захватах-фиксаторах.

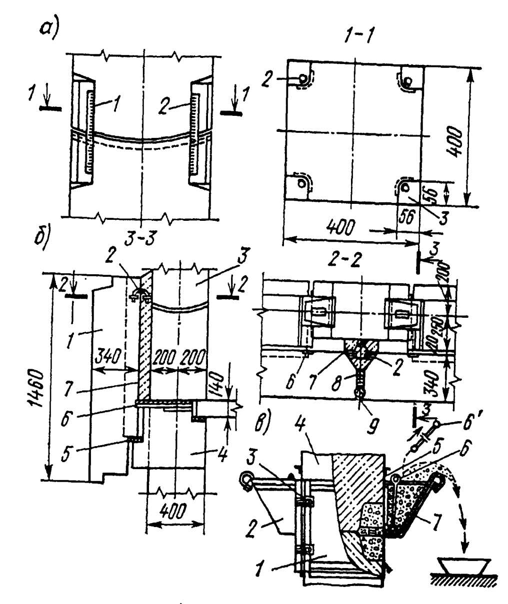


Рис. 9.31. Детали монтажных узлов

Жесткое соединение колонн в сухих сферических стыках (рис. 9. 31, *а*) производят сваркой *1* четырех накладных арматурных стержней 2 с рабочей арматурой и последующим замоноличиванием этих мест *3* бетоном М200. Для полного заполнения бетоном полости шва (между торцовыми плоскостями колонн) применяют устройство, состоящее из двух Г-образных полуформ *1* (рис. 9. 31, *в*), которые с помощью винтовых замков 3 закрепляются на стыке колонн. В каждой полуформе имеется карман *2*, открытый сверху и со стороны стыка. Через эти карманы подается полужесткая бетонная смесь, которая уплотняется глубинным вибратором. Уровень бетонной смеси в кармане должен быть выше верхней границы стыка, что обеспечивает более плотное заполнение всей полости стыка. Когда закончено омоноличивание стыка, бетонная смесь в кармане отсекается от бетона, уложенного в стык, с помощью пластичного ножа *5*. Излишек бетонной смеси удаляется из кармана эластичным листом *7*.

Панель наружной стены *1* (рис. 9. 31, *б*) своим нижним уступом навешивают на выступ продольного ригеля *4*, а вверху с помощью накладных скоб *2* прикрепляют к петле колонны 3. Панель устанавливают на слой цементного раствора *5* и с помощью соединительной детали *6* прикрепляют к ригелю. Вертикальный стык *7* замоноличивают мелкозернистым бетоном М200, а с фасадной стороны законопачивают просмоленной паклей 8 и герметизируют уплотнительной мастикой *9*. Применение МКК-1 позволяет снизить трудозатраты. На монтаж одного этажа затрачивается 6...8 дн.

9.19. Монтаж крупноблочных зданий

Наружные несущие стены крупноблочных зданий, как правило, имеют двухрядную разрезку. Керамзитобетонные блоки принимают толщиной 400 мм и в торцовых стенах (1...3-го этажей) — 500 мм. Внутренние несущие стены монтируют из бетонных пустотелых блоков толщиной 500 мм и в лестничных клетках — толщиной 300 мм. Блоки монтируют преимущественно башенным краном, располагаемым с одной стороны здания.

На плане односекционного блочного дома (башни) показан порядок монтажа сборных элементов. Как видно из схемы, изображенной на рис. 9. 32, сначала монтируют простеночные и подоконные блоки по наружной стене *1—1*, затем по *Г—Г* все внутренние стены и в завершении — наружную стену по оси *А—А*, т. е. монтаж ведут «на кран». При монтаже, например, наружной стены по оси *1—1* сначала устанавливают на углах дома маячные блоки и

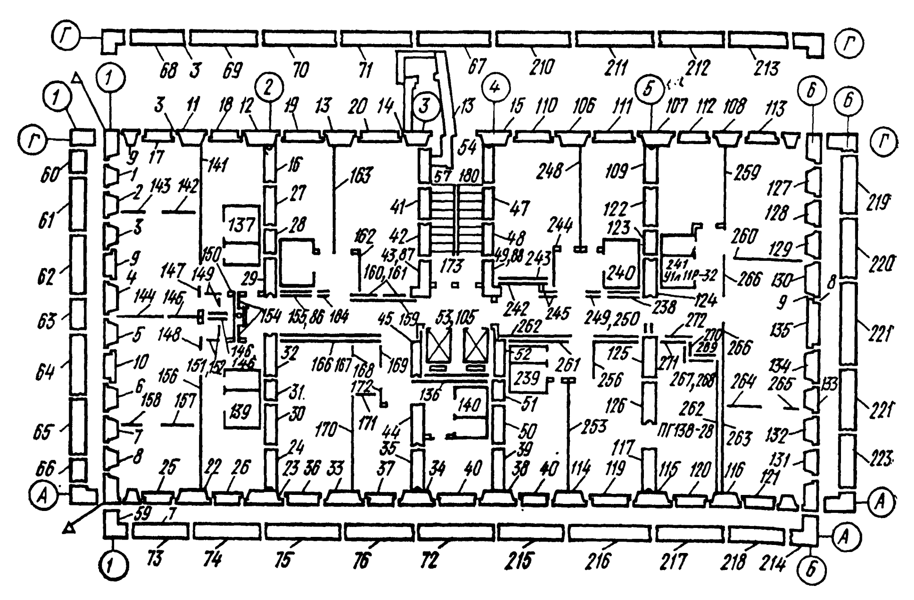


Рис. 9.32. Технологический порядок монтажа сборных элементов блочного дома

закрепляют их подкосами. В створе маячных блоков по причальному шнуру монтируют простеночные блоки *1—8* и подоконные *9* и *10*. Такую последовательность соблюдают при монтаже и всех остальных наружных стен. По окончании установки простеночных и подоконных блоков в наружных стенах, а также рядовых блоков во внутренних стенах, производят монтаж перемычечных блоков.

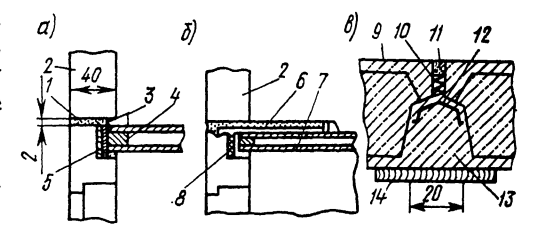


Рис. 9.33. Узловые соединения сборных элементов в блочном доме

Простеночные блоки *2* (рис. 9. 33, *а*) устанавливают на горизонтальный слой *1* цементного раствора М100 толщиной 20 мм. Вертикальность блока контролируют отвесом с рейкой. Блоки устанавливают на два клина. Каждый из них вводят в горизонтальный шов до установки блока и таким образом, чтобы толщина каждого клина (по внутренней грани блока) была бы немного более проектной толщины (обжатого) растворного шва. Если блок отклонился в наружную сторону, то проектное его положение достигают плавным извлечением клина 3 из шва. Для наклона блока в наружную сторону запрещается забивать клин в шов, ибо при этом может произойти раскрытие обжатого шва и смещение блока по растворной постели. Когда установлены простеночные и подоконные блоки, вертикальные швы между ними заполняют мелкозернистым керамзитобетоном, а с фасадной стороны законопачивают паклей, смоченной в гипсовом растворе, и зачеканивают гидрофобным цементом.

Для бóльшей жесткости здания панели перекрытия *7* (рис. 9. 33, *б*) соединяют с блоками наружной стены с помощью арматурных стержней *6*, привариваемых своими концами к монтажным петлям перемычечных блоков *8* и к панелям перекрытий *7*. Все закладные элементы и прутковые связи защищают от коррозии путем нанесения на их поверхность покрытий из лакокрасочных материалов. Для усиления торцов многопустотных панелей перекрытий, опирающихся на стену, круглые отверстия заделывают бетонными пробками *4* (см. рис. 9. 33, *а*). Чтобы исключить промерзание наружных стен в уровне перекрытия, с торцов многопустотных панелей укладывают утеплитель *5*, обернутый толем. Швы между панелями перекрытий замоноличивают цементным раствором. Открытые вертикальные швы между блоками торцовых стен *9* (рис. 9. 33, *в*) предварительно изнутри законопачивают смоляной паклей *10*, а с фасадной стороны зачеканивают гидрофобным цементом *11*. Чтобы повысить влаго- и воздухонепроницаемость шва, на его внутреннюю плоскость наклеивают на горячей битумной мастике рубероид *12* или клеящуюся ленту. Эту операцию необходимо выполнять весьма тщательно, особенно в зимних условиях. Для обеспечения хорошего соединения рубероида со стенками бло-

ка полость шва зимой необходимо предварительно прогревать. Несоблюдение этого условия приводит к тому, что рубероид наклеивается не по всей площади, а лишь в отдельных точках. После установки опалубки-нащельника *14* остальную полость шва заполняют керамзитобетоном *13*.

Перемычечные блоки наружных и внутренних стен имеют двухканальные растворные шпонки и жестко соединяются друг с другом с помощью металлических накладных пластин, привариваемых к закладным элементам. Накладки приваривают после устройства растворной шпонки из цементного раствора М100. До заливки раствором вертикальные швы между блоками внутренних стен предварительно законопачивают с обеих сторон смоляной паклей.

Чтобы исключить попадание раствора в каналы вентиляционных блоков, при устройстве горизонтального шва применяют рамку с заглушками. Полное заполнение горизонтальных швов раствором производят с помощью подштопки.

9.20. Монтаж зданий из объемных блоков

Большое распространение получило строительство домов из объемных блок-комнат и блок-квартир в Минске, Краснодаре, Сочи и т. д. В десятом экспериментальном квартале Москвы из объемных блоков построены 5-этажные дома в темпе дом за 7 дн.

Изготовление на заводах блок-кабин, блок-комнат или блок-квартир позволяет добиться более высокой механизации и автоматизации строительных работ. Объемные блоки доставляются к месту монтажа дома с полной внутренней отделкой. Если в крупнопанельных домах не менее 50 % от общих трудозатрат выполняются на строительной площадке, то в домах из объемных блоков 85...88 % трудозатрат приходится на завод.

Существуют различные конструктивные схемы блок-комнат. Например, блок-комната, разработанная НИИСКом, состоит из монолитного цельноформованного колпака с толщиной стенок 40 мм, плиты потолка толщиной 30 мм и приваренной ребристой панели пола толщиной 20...25 мм. Для изготовления монолитного железобетонного колпака применяют тяжелый бетон или керамзитобетон М200, а для панелей пола — тяжелый бетон М300.

Для транспортировки объемных блоков используют тягач с полуприцепом-блоковозом с подрессорной платформой *1* (рис. 9. 34, *а*). В других конструкциях полуприцепов объемные блоки перевозятся в подвешенном состоянии. Доставка блок-комнат на объект строительства осуществляется по временной дороге *2*. При монтаже 5-этажных домов из блок-комнат массой до 10 т применяют стреловые гусеничные, пневмоколесные и козловые краны *4*, перемещаемые по рельсовым путям *3*. Если монтаж ведут стреловым гусеничным краном, то установку объемных блоков в проектное положение начинают с середины дома и производят с перемещением крана по периметру корпуса.

При монтаже дома козловым краном сначала монтируют рядо-

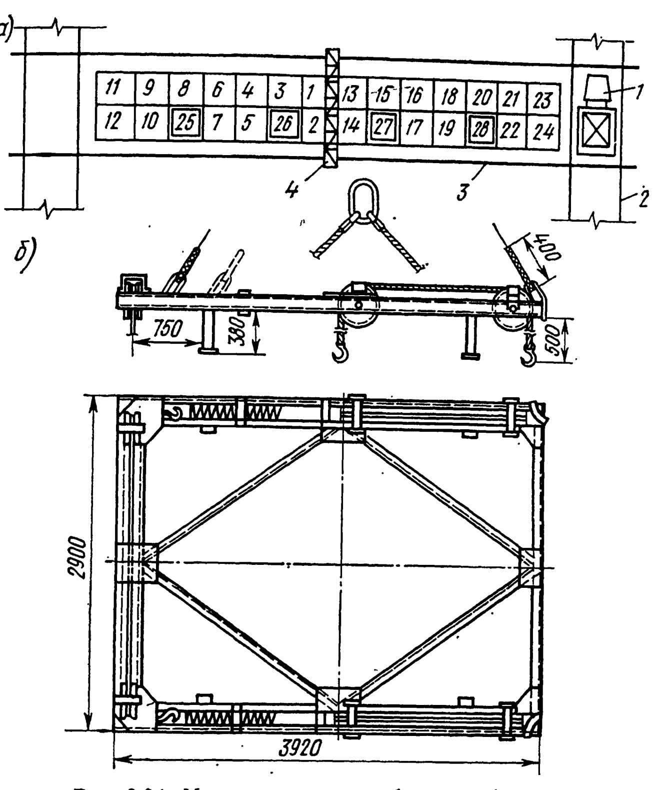


Рис. 9.34. Монтаж домов из объемных блоков

вые блоки *1, 2, 3...24*, а затем блоки лестничной клетки *25, 26, 27, 28*. Такой порядок объясняется необходимостью подсоединения всех коммуникаций, расположенных в стенах санитарно-кухонных блоков, примыкающих к блокам лестничной клетки. Монтаж домов из объемных элементов ведут, как правило, с транспортных средств.

Для подъема блок-комнат применяют самобалансирующую траверсу (рис. 9.34, *б*), состоящую из жесткой сварной рамы с тремя парами блоков и тросовых подвесок с шестью крюками. При монтаже козловым краном дома из объемных элементов размером на две комнаты используют две независимые балансирные траверсы.

Объемные элементы монтируют двумя способами: с одновременной установкой блок-комнаты на четыре угла или на ребро торца, после чего производят посадку ее на четыре угла. Опорные углы блок-комнат состоят из уголка *1* размером 50×50×5 мм (рис. 9. 35, *а*), к которому приварена стальная треугольная накладка *2* толщиной 6...10 мм с центрирующей прокладкой 3 размером 40 × × 40 × 20 мм. Внизу блок-комнаты имеются такие же угловые опоры, как и сверху, но без центрирующих прокладок. Для рассредоточения нагрузки в опорных углах перед установкой вышележа-

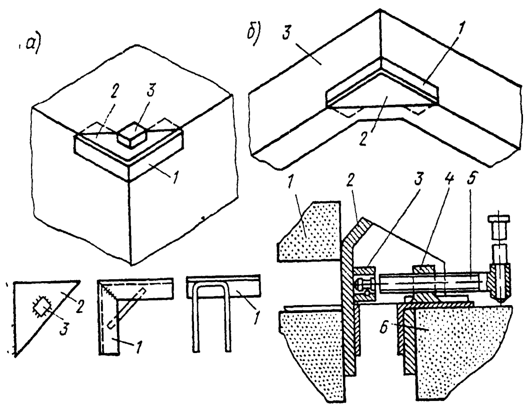


Рис. 9.35. Детали узлов и швов в объемных блоках

щего блока на нижнюю опору укладывают цементный раствор М100 на расстоянии 250 мм в обе стороны от угла (в плоскости верха центрирующей прокладки). Чтобы достичь равномерной передачи нагрузки на все четыре угла, на заводе производят калибровку центрирующих прокладок, при этом одну из них делают тоньше остальных на 10...15 мм. Эта опора должна располагаться вдоль внутреннего продольного шва и быть доступной при монтаже. Выверку блока производят после того, когда он будет установлен на три точки опоры, а под четвертую («висящий угол») забивают металлические клинья с последующей их приваркой. После установки блоков на каждом этаже производят проверку монтажного горизонта по нивелиру.

Для более точной установки объемных блоков в проектное положение применяют фиксатор, разработанный в НИИСП Госстроя УССР (рис. 9. 35, *б*). Закрепляют его в шве между ранее установленными блоками *6* с помощью винта *5* с гайкой *4* и упора *3*. Отогнутый конец металлического листа 2 является направляющей для монтируемого блока *1*.

Для устранения воздухообмена между квартирами и обеспечения необходимой звукоизоляции все внутренние вертикальные швы между блоками должны быть заделаны упругими прокладками (пороизол, просмоленная пакля и т. д.), а в уровне перекрытия каждого этажа перекрыты слоем толя или рубероида.

9.21. Монтаж зданий способом подъема этажей и перекрытий

При строительстве жилых домов, административных зданий и гаражей-стоянок с неунифицированными размерами сетки колонн, а также в стесненных и гористых условиях городской застройки применяют способ подъема этажей и перекрытий. Сущность этого способа возведения зданий состоит в следующем. По окончании монтажа нулевого цикла устанавливают колонны первого яруса (рис. 9. 36, *а*, *I*). Высота последнего зависит от расчетной длины колонны, грузоподъемности и возможности применяемого механизма устанавливать колонны на максимальную высоту, а также вида подъемников. Если подъемники устанавливают на оголовки колонн, высоту яруса применяют 10...12 м (3...4 этажа), а при раскреплении колонн поверху временными связями — до 16 м. При

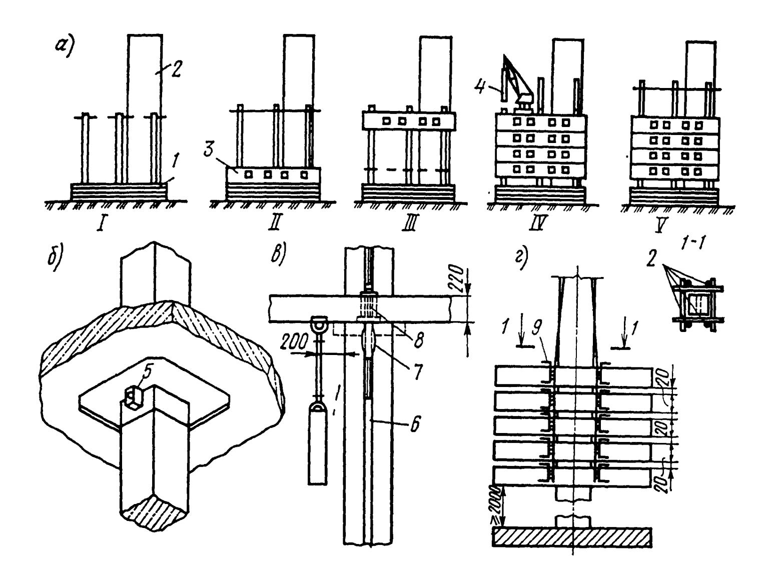


Рис. 9.36. Монтаж здания методом подъема этажей

использовании подъемников, устанавливаемых в обхват колонн, высоту яруса не ограничивают и определяют возможностью монтажного крана. Для повышения жесткости и устойчивости дома в скользящей опалубке возводят монолитные железобетонные шахты *2* (ядра жесткости), в которых размещают лестницы, лифты и вспомогательные коммуникации.

После установки колонн первого яруса с надетыми и закрепленными на них стальными воротниками *9* для первого пакета (рис. 9.36, *г*) приступают к устройству плит перекрытий *1*. Для этого по тщательно выровненному бетонному основанию или по перекрытию подвала устанавливают бортовую опалубку на высоту всего пакета или одной плиты. Чтобы исключить сцепление укладываемого бетона с плитой перекрытия подвала и плит друг с другом, применяют в качестве разделительного слоя лак этиноль и известковый шлам с добавлением казеинового клея, казеиново-меловую пасту, полиэтиленовую пленку, древесностружечные плиты и др. По окончании этой операции опускают воротники, укладывают плоские сварные сетки или каркасы с приваркой к воротникам концов арматуры. Чтобы бетон не попал в пространство между колонной и воротником, зазор между ними (10....15 мм) законопачивают просмоленным канатом или поропластом. Бетонирование каждой плиты перекрытия (в пределах температурного блока) ведут непрерывно. По достижении бетоном прочности 1,0 МПа на поверхность плиты наносят вышеуказанный разделительный слой и процесс укладки бетона продолжают до окончания устройства пакета перекрытий. Плиты применяют плоские и кессонного типа.

Сверху последней плиты перекрытия (в пакете) с помощью крана монтируют верхний этаж *3* с устройством кровли (рис. 9.36, *а*, *II*).

Когда бетон в верхней плите будет иметь 100 %-ную проектную прочность, начинают подъем этажей на высоту первого яруса (рис. 9.36, *а*, *III*). По окончании подъема первых (верхних) четырех этажей ведут наращивание колонн второго яруса 4 (рис. 9.36, *а*, *IV*). На втором и последующих ярусах (рис. 9.36, *а*, *V*) подъем этажей осуществляют аналогично, как и на первом ярусе.

Для временного закрепления плит перекрытий (при подъеме с одного яруса на другой) в колоннах устраивают автоматические защелки, а для постоянного их закрепления на проектных отметках — в отверстия колонн (снизу воротников) вставляют закладные стержни 5 (рис. 9.36, *б*). Подъем плит перекрытий (этажей) осуществляют комплектом электрогидроподъемников (24 или 36 шт.) грузоподъемностью 40...80 т каждый. Электромеханические подъемники ЛенЗНИИЭПа, устанавливаемые в обхват колонн на высоте 5... 6 м над верхним перекрытием, периодически поднимают на холостом ходу вверх по колоннам. Подъемники соединяют с плитами перекрытий с помощью грузовых тяг *6* (рис. 9.36, *в*). Стальные воротники имеют отверстия для тяг. Захватная гайка тяги *7* входит в меньшее отверстие воротника *8* и закрепляется в нем. По окончании работ на крыше монтажный кран демонтируется и отдельными узлами спускается вниз лебедкой.

9.22. Устройство пневматических сооружений

Пневматические сооружения с каждым годом находят все большее применение как за рубежом, так и в нашей стране.

Из полимерных материалов возводят: мастерские; временные склады для хранения различных строительных материалов, машин и механизмов; тепляки для производства бетоннных, железобетонных, каменных и земляных работ в зимних условиях; легкие покрытия для автомобильных стоянок, стадионов, плавательных бассейнов, выставочных павильонов, торговых и других хозяйственных помещений.

Основные достоинства пневматических сооружений — они легки, просты в изготовлении, быстро монтируются и демонтируются, имеют многократную оборачиваемость, а при перевозке с объекта на объект не требуют транспортных средств большой грузоподъемности.

В пневматических сооружениях функции «несущего элемента» выполняет воздух. В конструктивном отношении они подразделяются на *воздухонесущие* и *воздухонапорные*. В первом типе форма и размер сооружения определяются воздухонесущими арками *1* (рис. 9.37, *а*). Концы их закрепляют в грунте или в гнездах железобетонных плит специальными анкерами. Когда в воздухонепроницаемые арки компрессором нагнетают воздух под давлением до 0,15...0,4 МПа, они постепенно поднимаются и принимают проектное очертание. Арки сверху покрывают легкой, прочной воздухонепроницаемой и в ряде случаев светопроницаемой тканью. Таким требованиям более всего удовлетворяют капроновые, нейлоновые и

другие синтетические ткани, покрытые поливиниловой или поливинилхлоридной пленкой.

На рис. 9.37, *б* показан пневматический выставочный павильон, который демонстрировался на Всемирной выставке в Токио. Высота его 50 м. Он состоит из 24 воздухонесущих арок диаметром по 4 м каждая.

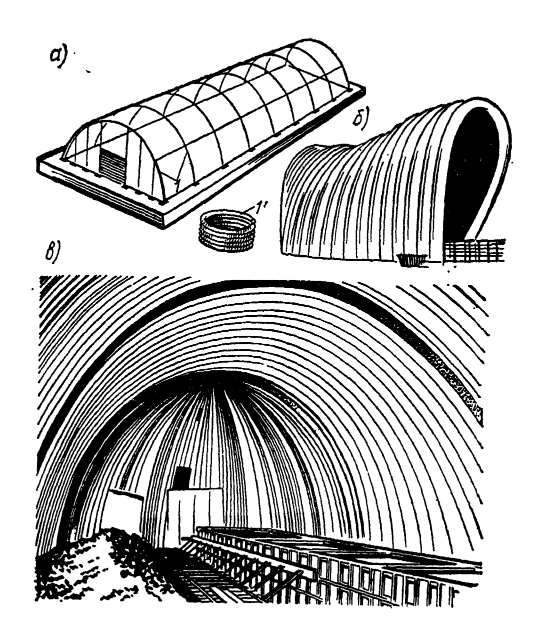


Рис. 9.37. Пневматические сооружения

Во втором типе сооружений воздухонепроницаемой оболочке придается необходимое очертание за счет незначительного избыточного давления (0,00003...0,0005 МПа), создаваемого внутри помещения вентилятором. В зимнее время вентилятор нагнетает под оболочку теплый воздух, подогреваемый калорифером, и в ней поддерживается необходимая положительная температура. Вход и выход в помещение осуществляются через специальные шлюзы с вращающимися или двойными дверьми. На рис. 9.37, *в* показано воздухонадувное сооружение (Польша), которое было использовано как тепляк для работ «нулевого цикла» и как покрытие полигона для изготовления строительных конструкций. Оболочка имела длину 84, ширину 20 м и высоту (максимальную) 10 м. При таких размерах под оболочку через шлюз могут въезжать автомашины со строительными материалами, деталями или вывозить разработанный грунт.

9.23. Охрана труда

Монтаж зданий и сооружений могут вести рабочие, прошедшие специальный курс обучения, сдавшие экзамен комиссии и прослушавшие вводный инструктаж применительно к конкретному объекту.

Монтировать конструкции в зданиях повышенной этажности могут лишь монтажники и сварщики-верхолазы, прошедшие медицинское освидетельствование. Проверку знаний рабочих по охране труда производят не реже одного раза в год, а медицинское освидетельствование верхолазов — два раза в год. Работающие на высоте должны иметь предохранительные пояса и привязываться к прочно закрепленным конструкциям. При скорости ветра 15 м/с и более, при гололедице, грозе или тумане, сильном снегопаде верхолазные

работы на открытом воздухе прекращаются. Нельзя монтировать вертикальные панели без проемов (глухие) при скорости ветра 10 м/с и более.

На территории монтажных работ проходы и проезды должны быть ограждены, иметь указатели, надписи и видимые ночью сигналы.

Применяемые грузозахватные приспособления должны быть перед началом работ испытаны на двойную нагрузку. Нельзя пользоваться механическими захватками и пневмоприсосами без приспособлений, исключающих падение поднимаемых элементов. Монтажные петли сборных железобетонных конструкций следует изготовлять из мягкой стали и иметь трехкратный запас прочности.

При строительстве многоэтажных зданий для перемещения рабочих с этажа на этаж должны использоваться постоянные лестничные клетки, подъемники и лифты; переход по навесным лестницам допускается только на второй этаж.

До монтажа наружных стен следующего этажа междуэтажные перекрытия ограждают перилами высотой не менее 1 м.

Нельзя перемещать краном сборные конструкции над рабочим местом монтажников и кабиной шофера (при монтаже с транспортных средств). В монтажной зоне крана на нижерасположенных этажах запрещается вести какие бы то ни было работы. В зоне перемещения конструкций краном запрещается пребывание людей. Подъем сборных конструкций краном и перемещение их в горизонтальной плоскости над другими предметами производятся на высоте не менее 0,5 м. Рабочий может подходить к подвешенному (на крюке крана) монтируемому элементу и разворачивать его для установки лишь тогда, когда его нижняя плоскость будет находиться над опорой не выше 0,5 м. Снимать крюки стропа с монтируемых элементов разрешается только после его выверки, временного закрепления или окончательной установки. После снятия захватных приспособлений с установленной конструкции запрещается ее передвижка. Если монтируемые сборные элементы не обладают необходимой жесткостью, они должны быть временно усилены до подъема.

Во время подъема и монтажа сборных конструкций необходимые сигналы машинисту крана подаются только бригадиром монтажников или такелажником. Когда монтаж ведется вне поля зрения крановщика, то между ним и бригадиром должна быть предусмотрена надежная связь. Чтобы исключить раскачивания поднимаемых конструкций, необходимо их удерживать оттяжками. Поднятые краном элементы нельзя оставлять на весу. К монтажу следующего этажа можно приступать лишь после окончания устройства перекрытия над предыдущим этажом с выполнением работ, обеспечивающих пространственную жесткость здания или сооружения. Запрещается укладывать на перекрытие стеновые панели или блоки. Лестничные марши, балконные плиты необходимо устанавливать с перильными ограждениями.

Для выполнения сварочных работ, закрепления струбцин на монтируемых панелях, снятия стропов, заделки стыков и т. д. мон-

тажники должны пользоваться катучими стремянками или монтажными столами.

При монтаже зданий способом «подъема этажей и перекрытий» необходимо обеспечить надежное закрепление электрогидроподъемников и перекрытий на колоннах. Если монтажные работы выполняют в зоне эксплуатируемой электросети, то последняя должна быть отключена от источника питания.

При строительстве на городских улицах транспортных пересечений в разных уровнях, подземных пешеходных переходов, коллекторов и других подземных коммуникаций должны быть приняты особые меры предосторожности (по специальному указанию ППР) в зоне действующих подвесных электролиний троллейбуса и трамвая.

Глава 10. ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАБОТЫ

10.1. Общие сведения

Конструкции зданий и сооружений должны быть защищены от увлажнения и агрессивной среды, а подземные сооружения — от проникания в них влаги. Конструкции из естественного и искусственного камня обладают способностью поглощать, удерживать в порах или пропускать воду. Насыщенный влагой материал снижает свою прочность, особенно в зоне переменных температур (при замерзании и оттаивании). Поэтому для повышения долговечности здания, конструкции которых подвергаются увлажнению в процессе эксплуатации, должны иметь защитную гидроизоляцию.

В зависимости от назначения здания или сооружения и условий его эксплуатации применяют следующие виды гидроизоляции: оклеечную, окрасочную (обмазочную), штукатурную, цементно-песчаную, штукатурную асфальтовую, литую асфальтовую и металлическую.

10.2. Оклеечная и окрасочная гидроизоляция

Оклеечную гидроизоляцию применяют при напоре воды более 2 м с общим количеством слоев 2...5 и использованием рулонных материалов: стеклоткани, пластиковых материалов, изола, гидроизола, бризола и рубероида с гнилостойкой основой. Гидроизоляция из стеклоткани, пропитанная акриловыми смолами,— прочная, долговечная, гибкая и водонепроницаемая. Наклеивается она на выравнивающий слой с применением горячих или холодных битумных мастик. При строительстве, например, эстакад, мостов по выравнивающему слою плиты проезжей части наклеивают два слоя стеклоткани на горячей битумной мастике с нанесением сверху третьего слоя мастики толщиной 3 мм. Для предохранения от механических повреждений гидроизоляцию покрывают защитным слоем цементного раствора, армированного металлической сеткой. Бри-

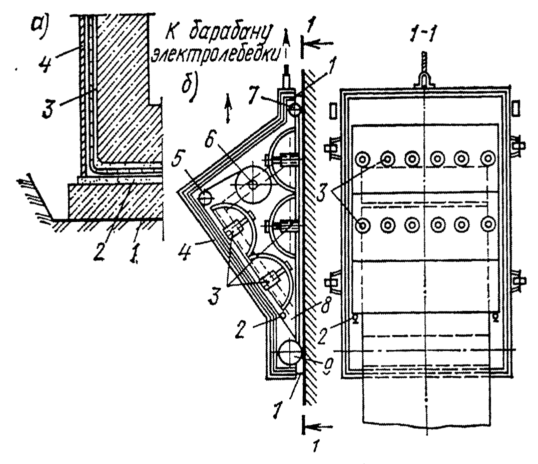


Рис. 10.1. Устройство оклеечной гидроизоляции

зол (битумно-резиновая изоляция) и изол также обладают повышенной стойкостью, долговечностью и способностью сохранять эластичность при отрицательных температурах. Наклеиваются они на поверхности конструкций только на горячих мастиках.

Основанием для рулонных гидроизоляционных покрытий могут быть бетонные поверхности, цементно-песчаные стяжки из раствора не ниже М50, а также асфальтовые стяжки из литого или жесткого асфальта. Технология устройства стяжек, приготовления горячих и холодных мастик и наклейки гидроизоляционного ковра аналогична выполнению кровельных работ из рулонных материалов. Полотнища рулонных материалов соединяют друг с другом внахлестку на 100...120 мм в продольных и на 150...200 мм в поперечных швах.

В подземных пешеходных переходах гидроизоляцию устраивают между железобетонной плитой основания *1* и бетонной подготовкой *2* (рис. 10.1, *а*) плавно, по кривой с радиусом 40...50 мм. В зависимости от местных условий в углах пешеходного перехода производят усиление гидроизоляции наклейкой дополнительных слоев рулонного материала. На вертикальных поверхностях гидроизоляция *3* защищается от механических повреждений асбестоцементными листами *4* толщиной 8...10 мм, наклеенных на битумной мастике.

Гидроизоляционный ковер из рулонных материалов можно устраивать с применением установки инфракрасных излучателей. Для этого рулонные материалы на битуминозной основе (стеклобит и панцерит) разогревают инфракрасными излучателями мощностью 10 кВт и без мастики наклеивают на поверхность конструкции. Установка состоит из тележки *8* (рис. 10.1, *б*), перемещаемой на катках *7* с помощью электролебедки. Тележка закрыта теплоизоляционным кожухом *4*, под которым размещается барабан *6* с рулонным материалом, направляющий ролик *5*, инфракрасные излучатели *3*, термодатчики *2*, а внизу — прижимное устройство *9* и гибкий фартук *1* для уменьшения теплопотерь в атмосферу. При достижении заданной температуры на изолируемой поверхности и укладываемого рулонного материала термодатчики автоматически включают в работу электролебедку, которая перемещает тележку и при ее движении разогретый материал наклеивается на поверхность

конструкции. Этот способ применим и при производстве гидроизоляционных работ в зимних условиях.

Для устройства гидроизоляции используют полиизобутиленовые листы длиной 3 м, шириной 0,7...0,8 м и толщиной 2...3,5 мм. Соединяют их друг с другом самовулканизирующимся клеем № 88 или сваркой кромок горячим воздухом при температуре 220...230 °С, а также током высокой частоты. Полиизобутиленовую гидроизоляцию устраивают однослойную, с закреплением листов на вертикальных плоскостях с помощью полиизобутиленового клея или клея № 88.

Гидроизоляция может быть выполнена с применением поливинилхлоридных (ПВХ) твердых плит толщиной не менее 1 мм, а также различных синтетических пленок (полиэтиленовой, полиамидной, винипластовой, поливинилхлоридной и др.) с нанесенным клеящим составом.

Окрасочную гидроизоляцию применяют главным образом для защиты от капиллярной влаги монолитных и сборных конструкций (с надежно омоноличенными стыками) в подземных сооружениях и зданиях. Выполняют ее с применением горячих и холодных битумных и пековых мастик, а также материалов на основе синтетических смол и пластмасс (этиленовых лакокрасочных, эпоксидных, фуриловых, полиэфирных и других смол).

Поверхности, подлежащие окрасочной гидроизоляции, выравнивают, очищают от грязи, пыли и покрывают холодной грунтовкой (разжиженный битум или жидкий раствор полимерных смол). Окрасочную изоляцию наносят в 2...3 слоя с общей толщиной 2...4 мм при использовании горячей битумной или пековой мастик, 1,5... 3 мм — битумных паст, 0,5...1,5 мм — битумных эмульсий, лаков и красок. Наиболее водонепроницаемыми и морозостойкими покрытиями являются окрасочные гидроизоляции из полимерных составов.

Окрасочный изоляционный слой наносят на поверхности конструкций (после высыхания грунтовки) с помощью автогудронаторов, пистолетов-распылителей и краскопультов, а при малых объемах работ и в стесненных условиях — кистью. Для нанесения окрасочной изоляции применяют и газопламенное напыление (см. гл. 11). Окрасочная гидроизоляция на горизонтальных поверхностях имеет защитный слой в виде цементной или асфальтовой стяжки толщиной 30 мм. На вертикальных поверхностях защитный слой устраивают в виде цементно-песчаной штукатурки толщиной 15...20 мм по металлической сетке (окрасочную изоляцию применяют в условиях гидростатического напора).

10.3. Разновидности гидроизоляции

Штукатурную цементно-песчаную гидроизоляцию используют в зданиях и сооружениях, не подверженных неравномерной осадке или вибрации в процессе эксплуатации. Устраивают ее из цементного раствора, приготовленного на водостойком безусадочном (ВБЦ) или водостойком расширяющемся (ВРЦ) цементе, а также

пуццолановом портландцементе не ниже М400 и портландцементе с уплотняющими добавками (алюминатом натрия, церезитом и др.) или гидравлическими добавками (диатомитом, трепелом, молотым шлаком и др.). В условиях неравномерных осадок зданий и сооружений более надежной является стеклоцементная гидроизоляция, состсящая из слоя цемента и стекловолокна (воспринимающего растягивающие напряжения). На поверхность конструкций цементно-песчаный раствор наносят способом торкретирования (торкрет-покрытие) с помощью цемент-пушки.

Штукатурную асфальтовую гидроизоляцию устраивают на поверхности конструкций с применением горячих мастик и асфальтовых смесей, наносимых механизированным способом. Для защиты горизонтальных поверхностей от капиллярной влаги используют жесткий асфальтобетон с температурой 160...170 °С, укладываемый на загрунтованное основание по горячей битумной мастике при температуре воздуха не менее +5 °С. Штукатурную асфальтовую гидроизоляцию устраивают с применением менее пластичной (с меньшим расходом битума) горячей битумной или холодной асфальтовой мастики. Наносят ее на поверхность с помощью растворонасосов и асфальтометов, для чего используют асфальтовую мастику в горячем виде под давлением сжатого воздуха. В состав асфальтовой штукатурки входит нефтяной битум, песок крупностью до 2 мм (до 40 %), порошкообразный заполнитель (молотый известняк, доломит, зола ТЭЦ и др.) и волокнистый заполнитель (асбест VI и VII сортов). Наличие песка в такой смеси повышает механическую прочность штукатурной асфальтовой гидроизоляции.

Асфальтовую мастику или растворы наносят на чистые и сухие вертикальные поверхности по холодной грунтовке, снизу вверх ярусами высотой 1,4...1,8 м, по участкам длиной до 20 м и толщиной в 2...3 мм. Если изоляция многослойная, то каждый последующий слой укладывают на предыдущий после его остывания. На горизонтальных поверхностях штукатурная асфальтовая гидроизоляция уплотняется легкими обогреваемыми катками или вибрационными гладилками с электропрогревом. Гидроизоляцию можно устраивать с применением холодных мастик, приготовленных из смеси битумных-эмульсионных паст с добавлением минерального порошкообразного заполнителя и воды. Наносят ее на изолируемые поверхности слоями толщиной 3...6 мм с помощью растворомета или асфальтомета. Штукатурную асфальтовую многослойную гидроизоляцию применяют для защиты подземных сооружений, подверженных гидростатическому напору до 30 м.

Литую асфальтовую гидроизоляцию из горячих битумов, мастик или асфальтовых смесей укладывают по горизонтальным поверхностям полосами шириной 2..3 м между маячными рейками. Гидроизоляция из литого асфальта может быть одно- и многослойная. При многослойной гидроизоляции на неостывший первый слой толщиной 20...25 мм наносят второй, сверху которого посыпают песок и уплотняют площадочными вибраторами или легкими катками. Если по горизонтальной гидроизоляции укладывают защитный слой, то свер-

ху уплотненную асфальтобетонную смесь смазывают горячей асфальтовой мастикой, в которую входит наполнитель и 10 % асбеста VI или VII сорта.

Гидроизоляцию вертикальных поверхностей устраивают заливкой горячей литой асфальтовой смеси в зазор между поверхностью конструкции и опалубкой или защитной стенкой (бетонной или кирпичной). Литая асфальтовая гидроизоляция имеет незначительную механическую прочность, а на ее приготовление требуется бо́льшее количество битума. Поскольку литой асфальт весьма пластичен, устраивать из него гидроизоляцию по вертикальным и наклонным плоскостям без защитных стенок невозможно.

Металлическую гидроизоляцию осуществляют в подземных сооружениях при наличии высокого уровня грунтовых вод. Делают ее из стальных листов, прикрепленных к анкерам, заделанным в изолируемые конструкции. Листы соединяют друг с другом внахлестку с помощью сварки. До бетонирования конструкций устраивают вертикальную металлическую гидроизоляцию, которая используется как опалубка (при необходимой ее жесткости). Если в качестве металлической гидроизоляции применяют сварные емкости, то их устанавливают на слой цементного раствора с вибрированием. В пространство между поверхностью конструкции и металлической изоляцией нагнетают через патрубки (приваренные к листам металлической опалубки) цементный раствор под давлением 0,05 МПа. По окончании нагнетания раствора патрубки заваривают.

Для защиты металлических листов от коррозии их покрывают несколькими слоями лакокрасочных покрытий или оштукатуривают цементным раствором по металлической сетке.

10.4. Производство гидроизоляционных работ в зимних условиях

При устройстве оклеечной гидроизоляции на открытом воздухе в зимнее время поверхность конструкции должна быть высушена и прогрета до температуры 10...15 °С. Выравнивающие стяжки выполняют из горячего асфальта. Перед наклейкой рулонные материалы необходимо выдерживать в теплом помещении не менее 20 ч (чтобы их температура была 15...20 °С), а затем обработать медленно испаряющимся растворителем. К месту укладки рулонные материалы доставляют в утепленных контейнерах.

На горизонтальной поверхности выполняют стяжку из горячего песчаного асфальта. При устройстве защитных стенок из кирпича, бетонных плит или камней, а также защитной цементной штукатурки применяют раствор с добавками антифризов. По окончании гидроизоляционных работ засыпку пазух котлованов и траншей производят сухим песком или талым грунтом (без мерзлых комьев) с послойным уплотнением.

В зимнее время на открытом воздухе можно осуществлять окрасочную, штукатурную асфальтовую, литую асфальтовую изоляции по высушенной и прогретой поверхности. Горячие асфальтовые мастики и смесь должны иметь температуру 160...200 °С, а холодные —

60....80 °С. Для хорошего соединения с основанием и слоев друг с другом их поверхности должны быть тщательно очищены от инея, снега и наледи, а при необходимости — дополнительно прогреты.

Для высушивания изолируемых поверхностей и защиты их от увлажнения (в период дождей и при таянии снега) необходимо применять тепляки, внутри которых должна быть температура не менее 10...15 °С.

Если при отрицательной температуре и в дождливую погоду устраивают штукатурную асфальтовую изоляцию из холодных мастик (эмульсионные или праймеры), то последние должны содержать повышенное количество битума (на 3...5 %) и иметь повышенную подвижность (13...15 см при погружении стандартного конуса). При выполнении работ в дождливое время в состав мастики необходимо добавлять 3...4 % портландцемента (если грунтовые воды не агрессивны).

10.5. Охрана труда

Если на строительном объекте производят разогрев битума и мастик, то котлы следует надежно защищать от попадания в них воды (дождя или снега). Рабочие, обслуживающие котлы и переносящие горячие мастики, а также рабочие-изолировщики должны иметь специальную одежду, брезентовые рукавицы и резиновые сапоги.

Для подогрева мастик внутри помещений нельзя применять устройства с открытым огнем. Для этого используют бачки или термосы с трубчатыми электронагревателями. Переносить горячие битумные составы разрешается в конусных ведрах с крышками.

Для разжижения битума запрещается использовать высокотоксичные растворители (бензол, этилированный бензин и др.). При перемешивании растворителя и битума необходимо применять деревянные мешалки.

Для устройства гидроизоляции с применением водонепроницаемого расширяющего цемента (ВРЦ) рабочие снабжаются защитными очками и резиновыми перчатками, а с использованием мастик из каменноугольных продуктов — и респираторами.

Глава 11. КРОВЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

11.1. Общие сведения

Для защиты зданий и сооружений от атмосферных осадков и температурных воздействий солнечных лучей применяют рулонные, мастичные, асбестоцементные и черепичные кровли. В городском строительстве наибольшее применение нашли рулонные материалы, так как кровли из них легкие (2...6 кг/м^2), а технология их устройства проста. Однако они относительно недолговечны, сгораемы и требуют больших эксплуатационных затрат.

В последние годы все большее распространение получают мастич-

ные кровли, так как они более долговечны (относительно рулонных покрытий) и менее трудоемки благодаря высокому уровню механизации всех технологических процессов. Кровли из волнистых листов и асбестоцементных плиток более долговечны (30...40 лет), относительно легки (14...40 кг/м^2), огнестойки, водонепроницаемы и стойки к щелочам. Недостаток — они более трудоемки (чем рулонные покрытия) и требуют для своего устройства крутого уклона (40...60°). Наибольший срок службы имеет черепичная кровля (60... 100 лет), но она тяжелая (40...60 кг/м^2), устраивается по крутому уклону крыши (60°) и с наибольшими затратами ручного труда.

11.2. Кровли из рулонных материалов

Долговечность рулонной и мастичной кровли наряду с другими факторами во многом зависит от качества подготовки основания, которое должно быть жестким, прочным и ровным. Последнее требование проверяется трехметровой рейкой, под которой не должно быть более трех просветов величиной до 5 мм вдоль уклона и 10 мм — поперек уклона. Если основанием являются сборные железобетонные плиты, то швы между ними должны быть тщательно заделаны цементно-песчаным раствором марки не менее М100 (СНиП III-20—74).

В совмещенных (теплых) крышах по основанию устраивают пароизоляцию. В местах примыкания к вертикальным поверхностям листы пароизоляции наклеивают на стены высотой, равной толщине утеплителя. Смежные полотнища наклеивают друг на друга с напуском не менее 50 мм. Древесноволокнистые и минераловатные плиты-утеплители наклеивают на мастике, а все остальные виды плит укладывают насухо, плотно друг к другу и основанию. Если утеплитель укладывают в несколько слоев, то вертикальные швы не должны совпадать друг с другом. Из сыпучих материалов утеплитель устраивают слоями не более 100 мм. Для обеспечения заданного уклона и проектной толщины утеплитель укладывают по маячным рейкам с уплотнением виброрейкой или легкой трамбовкой.

Примыкающие к покрытию вертикальные кирпичные стены шахт, вентиляционных блоков и труб оштукатуривают цементно-песчаным раствором. Переход от вертикальной плоскости к горизонтальной осуществляют с радиусом закругления 100 мм.

До укладки кровельных материалов к железобетонным плитам покрытия должны быть жестко прикреплены закладные элементы для пропуска труб, кабелей, воронок внутреннего водостока.

Для получения ровной плоскости под рулонное покрытие устраивают цементно-песчаную стяжку из раствора М50...100 или асфальтобетонную — из горячего мелкозернистого песчаного асфальтобетона прочностью на сжатие не ниже 0,8 МПа (при температуре 50 °С). Толщину стяжки принимают не менее 20 мм. По гладкой поверхности сборных железобетонных плит покрытия может быть сделана частичная затирка цементно-песчаным раствором толщиной до 5 мм. Под рулонную кровлю устраивают цементно-песчаную

стяжку полосами шириной до 2 м. Сначала изготавливают нечетные полосы (через одну), а затем — четные. Температурно-усадочные швы должны находиться друг от друга на расстоянии 6 м. Раствор на рабочее место подают в бункерах и растворонасосом.

В зимнее время при отрицательной температуре стяжку под кровлю целесообразно делать из литого песчаного асфальтобетона. Допускается также устройство цементно-песчаных стяжек с наполнителем из керамзитового песка с фракциями до 3 мм (отношение цемента к песку 1:2 по массе) с добавкой поташа (10...15 % от веса цемента). На поверхность такой стяжки наносится холодная грунтовка сразу же после укладки раствора. Рулонные кровли в зимнее время при отрицательной температуре наружного воздуха должны наклеиваться только на холодных мастиках.

Асфальтобетонную стяжку выполняют квадратами со стороной не более 4 м и с температуро-усадочными швами шириной 10 мм. На рабочее место асфальтовую смесь подают в бункерах при температуре 160...170 °С.

Для обеспечения хорошего соединения рулонных материалов с основанием из раствора или бетона их поверхность покрывают грунтовкой. Грунтовку не наносят на асфальтовую стяжку, а также на основание при наклейке рулонного ковра на холодной мастике,

Карнизные свесы, воронки внутренних водостоков, разжелобки и ендовы дополнительно оклеивают слоями из гидроизоляционных материалов до начала наклейки рулонного ковра. При уклонах покрытия до 15 % наклейку рулонных материалов на основание производят перпендикулярно, а при уклонах более 15 % — параллельно направлению стока воды с перепуском полотнищ через конек (на соседний скат) на 250 мм. В смежных рядах рулонного ковра нельзя наклеивать полотнища перпендикулярно друг другу.

Покровные рулонные материалы, имеющие с обеих сторон полотнища слой тугоплавкого органического вяжущего с минеральным наполнителем, наклеивают на основание как на горячих, так и на холодных мастиках, а беспокровные — только на горячих мастиках с толщиной слоя не более 2,5 мм.

Рубероид и пергамин (битумные материалы) наклеивают на битумной и гудрокамовой мастике; гидроизол — на горячей битумной и битумно-резиновой мастике; толь и толь-кожу — на дегтевой (пековой) мастике, т. е. каким материалом обработано (пропитано) полотнище, из такого же материала и приготовляют мастику. Для наклейки полимерных рулонных материалов (полиэтиленовой пленки) используют гудрокамполимерную мастику. Битумно-резиновую мастику приготовляют при температуре 180...210 °С, а укладывают — 160...180 °С. Гудрокамовую мастику приготовляют и наносят при температуре не ниже 130 °С.

В кровлях с уклоном до 10 %, выполненных с гравийным защитным слоем, применяют биостойкие материалы: гидроизол ГИ-1 и ГИ-2, толь кровельный беспокровный (толь-кожу), рубероид с мелкой минеральной посыпкой, рубероид подкладочный, пергамин и др.

В продольных и поперечных швах рулонные материалы наклеи-

вают внахлестку: в кровлях с уклоном 2,5 % и более по ширине полотнищ в нижних слоях — 70 мм, в верхних — 100 мм, а по длине во всех слоях — не менее 100 мм; в кровлях с уклоном менее 2,5 % — не менее 100 мм по длине и ширине полотнищ. На рис. 11.1 показана технологическая схема устройства трехслойной кровли. На основание наносится грунтовка *3*, затем мастика *2*, а после наклейки рулонного покрытия сверху укладывается слой гравия *1*. Работу начинают от карниза, где сначала наклеивают полосы шириной $^1/_3$ и $^2/_3$ ширины рулона, а затем — целые полотнища. При устройстве четырехслойных кровель первый слой имеет ширину, равную $^1/_4$ ширины рулона, второй — $^2/_4$ и третий $^3/_4$ ширины рулона. Дальнейшая наклейка производится целыми рулонами. Чтобы не было волн и складок при наклейке полотнищ, беспокровные рулонные материалы должны быть заранее перемотаны на другую сторону, а с покровными слоями — выдержаны в раскатанном виде при температуре 15 °С не менее 20 ч. Для лучшего соединения рулонных полотнищ с основанием *4* и друг с другом (в нижних слоях гидроизоляционного ковра) их поверхность очищают от мелкой минеральной посыпки или обрабатывают растворителем. Если рулонный материал наклеивают на холодной мастике, то очистку поверхности от минеральной посыпки не производят.

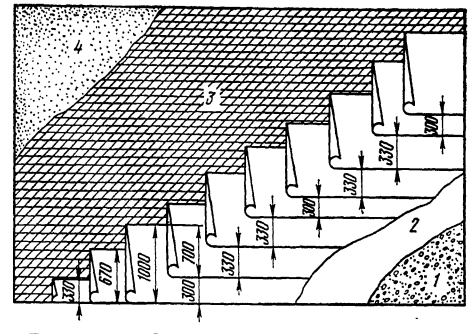


Рис. 11.1. Схема устройства рулонного покрытия

Устройство кровли выполняют поточным способом по захваткам. На рис. 11.2, *а* показано направление наклейки рулонного ковра *2*, грузопотоков *4* и размещение внутренних водостоков *3*. При устройстве рулонного покрытия подъем утеплителя и рулонных материалов осуществляют подъемником *1* или легкими кранами типа «Пионер». Вдоль плоской крыши эти материалы развозят мотокарами *8*. На стройку мастику доставляют автогудронаторами *7*, а на крышу — насосом *6* по трубопроводу *5*.

Кровли из рулонных материалов разрешается устраивать при температуре наружного воздуха не ниже —20 °С. Для удаления наледи и снега с основания кровли, а также его сушки (до 5 % влажности) с прогревом основания до температуры не ниже 5 °С применяют агрегат треста «Запорожстрой» (рис. 11.2, *б*). Подачу битумной мастики на крышу осуществляют различными механизмами по битумопроводам. В битумопроводе системы Б. Е. Веденеева (рис. 11.2, *в*) одна труба находится в другой. По внутреннему трубопроводу диаметром 38 мм разогретый битум подают на крышу с помощью насоса, а неиспользованный битум поступает обратно в котел по наружной трубе диаметром 75 мм.

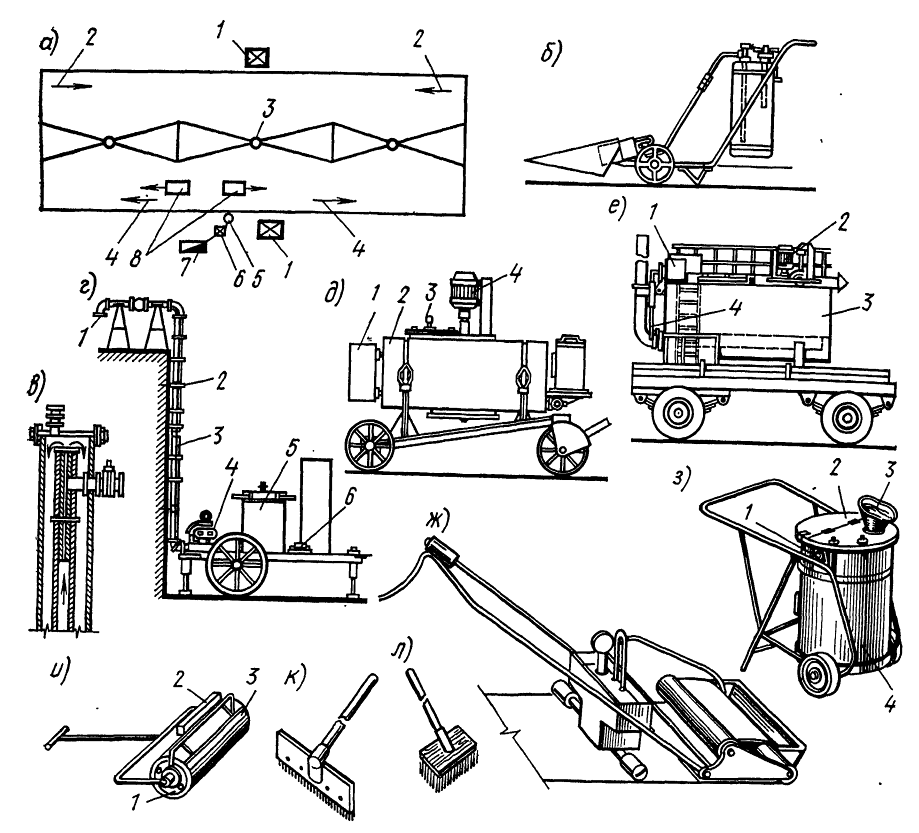


Рис. 11.2. Механизмы, приспособления и инструменты для наклейки рулонных материалов

Битумопровод конструкции СКБ Мосстроя (рис. 11.2, *г*) собирают из отдельных звеньев труб диаметром 50 мм, соединяемых между собой быстроразъемными замками. Чтобы мастика зимой имела необходимую температуру, каждую секцию битумопровода *3* подключают к сварочному трансформатору *5* и снабжают терморегулятором *6*. Для уменьшения тепловых потерь в атмосферу все секции утепляют стекловатой, а сверху покрывают кожухом из кровельного железа. К стене битумопровод прикрепляют хомутами *2*. На крышу мастику подают шестеренчатым насосом *4*, а из воронки *1* — в раздаточные емкости (рис. 11.2, *з*). При небольшом объеме работ такой термос навешивают на двухколесную тележку и доставляют к месту потребления.

При больших объемах работ для подогрева и нанесения битумных мастик применяют передвижную установку треста «Запорожстроймеханизация» (рис. 11.2, *д*). Состоит она из бака термоса *2* емкостью 150 или 250 л, обогреваемого битумопровода *3*, насосного

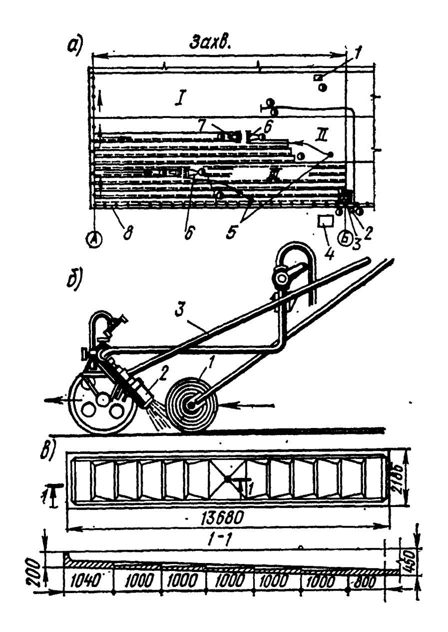


Рис. 11.3. Технология устройства кровельного покрытия из наплавленного рубероида:

а — схема организации работ при устройстве рулонного покрытия из наплавленного рубероида; *I* делянка — очистка, грунтовка основания и устройство мест примыкания; *II* делянка — наклейка первого слоя ковра; *III* делянка — то же, второго слоя ковра; *1* — компрессор; *2* — установка для подачи грунтовки на крышу; *3* — кран для подъема рулонных материалов на крышу; *4* — площадка для складирования материалов; *5* — баллоны с газом; *6* — агрегаты с блоком горелок; *7* — каток-раскатчик рулона; *8* — временное ограждение; *б* — агрегат для наклейки наплавленного рубероида: *1* — рулон наплавленного рубероида; *2* — газовые горелки; *3* — рама агрегата; *в* — безрулонное кровельное покрытие из предварительно напряженных железобетонных плит

агрегата *4* и ходовой тележки. Битумопровод имеет дистанционное управление *1*.

При устройстве рулонного ковра, пароизоляции и огрунтовки основания кровли используют машину СО-122, имеющую подогреваемый бак на 90 л, шестеренчатый насос с обогревом, трубопровод и удочку с центробежной форсункой, позволяющей регулировать толщину наносимого слоя мастики. Производительность машины 300 м^2/ч.

Для разогрева и подачи мастик на кровлю применяют установку с дистанционным управлением (рис. 11.2, *е*). На двухосном прицепе расположены бак-термос *3* емкостью 3 м^3, насосный агрегат *2*, система обогрева *1* и измерительная аппаратура *4* (указатель уровня мастики).

Для механизированной наклейки рулонных материалов на основание применяют различные установки: СО-99, самоходную машину ЦЭКБ Строймехавтоматика, каток-раскатчик и ручной укладчик конструкции Манукяна и Савкина, машину конструкции Мосоргстроя (рис. 11.2, *ж*) ЦНИИОМТП, Вильнюсского Оргтехстроя и др.

Основание для наклейки гидроизоляционного ковра должно быть чистым и сухим. Пыль удаляют струей сжатого воздуха, подаваемого от компрессора по шлангу. Влажность основания проверяют пробной наклейкой на горячей мастике. При повышенной влажности основание просушивают теплым воздухом от калорифера переносного типа или сушильным агрегатом УТ-130.

Если рулонные материалы наклеивают на холодной мастике по стяжке из цементно-песчаного раствора, то слой мастики должен быть равномерным, толщиной не более 2 мм, с расходом не более

800 г на 1 м². Для лучшего соединения с основанием или нижерасположенным слоем наклеенное полотнище прикатывают катком не менее 5...6 раз. Следующий слой рулонного ковра наклеивают не ранее чем через 12 ч.

Рулонные материалы, уложенные на горячих или холодных мастиках, прикатывают ручными катками конструкции М. А. Вострикова массой до 80 кг. Каток состоит из стальной трубы *1* (рис. 11.2, *и*) диаметром 300 мм, на которую надевают брезентовую обкладку или металлическую сетку. Если каток применяют для уплотнения асфальтовой смеси (при устройстве стяжки), то обкладку с катка снимают и его оборудуют бачком *2*, перфорированной трубкой *3* для смазки металлической поверхности катка) и скребком. Для укладки рулонных материалов при температуре воздуха 5...10 °С целесообразно применять ручные катки с электронагревательным элементом. Для разравнивания холодных мастик в стесненных условиях меняют гребни (рис. 11.2, *к*), а для нанесения горячих мастик — щетки (рис. 11.2, *л*).

При отсутствии механизмов, а также при небольших объемах кровельных работ покрытие устраивают вручную, звеном из трех человек. Первый кровельщик наносит мастику на основание на участке длиной 500...600 мм (в направлении раскатываемого рулона); второй — тщательно притирает приклеиваемое полотнище от середины к краям, а третий — прикатывает его цилиндрическим катком. Нанесение и равномерное разравнивание холодных мастик при наклейке рулонных материалов производят гребком, а горячих мастик — кровельной щеткой.

Фактический уклон рулонного покрытия не должен отклоняться от проектного уклона более чем на 0,5 %. С поверхности кровли следует обеспечить полный отвод воды по наружным или внутренним водостокам.

Для уменьшения трудозатрат, связанных с устройством гидроизоляционного ковра на объекте, целесообразно применять кровельное покрытие из **наплавленного рубероида** (рис. 11.3, *а*). Сущность этого способа состоит в том, что на заводе в период изготовления рубероида на его поверхность наносят утолщенный слой мастики, который на объекте (в момент укладки полотнища) разогревается специальными горелками. Для подплавления мастичного покровного слоя применяют различные конструкции агрегатов: восьмифорсуночную и трехрожковую газовые горелки (рис. 11.3, *б*), работающие на жидком топливе, и др. Подготовку основания для укладки наплавленного рубероида ведут как и для обычного рубероида, т. е. на стяжку с помощью форсунки наносят 2...3 слоя грунтовки (70 % битума марки БН-IV и 30 % уайт-спирита). Рулон с наплавленным рубероидом *1* закрепляют на катке-раскатчике или на общей раме *3* с газовыми горелками *2*. Тепловой поток газовой горелки расплавляет мастику на рубероиде и одновременно разгоревает основание. Каток прикатывает сверху полотнище и тем самым обеспечивает хорошее его соединение с основанием. Применение наплавленного рубероида позволяет сократить в 2...2,5 раза затраты

ручного труда; снизить в 2 раза стоимость кровельных работ; уменьшить расход битума и количество технологических операций, что позволяет сократить количество рабочих в бригаде и повысить культуру производства.

Безогневой способ с применением наплавленного рубероида РМ-420 или «Экарбит» (трест «Оргтехстрой» Центротяжстроя) применяют наряду с наплавленным рубероидом для устройства покрытий плоской кровли. Этот материал отличается от наплавленного рубероида тем, что имеет покровный слой на битумно-полимерном вяжущем, который перед укладкой не разогревается горелками, а размягчается специальным разжижителем (осветительный керосин, уайт-спирит или топливо ТС-1). На сухое и очищенное от пыли основание наносят грунтовку, а на нее укладывают полотнище рубероида с размягченным мастичным слоем. Уложенный рулонный материал прикатывается катками и тем самым обеспечивается его хорошее соединение с основанием.

При безогневном способе можно использовать битумно-кукерсольный рубероид, имеющий с двух сторон покровный слой из битумно-кукерсольной композиции. Перед наклейкой такого рубероида его покровная масса в холодном виде размягчается растворителем (сланцевый лак кукерсоль, кубовые остатки продукта ректификации сырого бензола или газойль каталитического крекинга). Остальные процессы те же, что и при наклейке рубероида «Экарбит».

Рулонное покрытие из наплавленного рубероида можно устраивать с применением машины СО-121, состоящей из рулоноукладчика, блока горелок, воздуходувки, прикатывающего катка, натяжного устройства и электрооборудования.

В ГДР плоские кровельные покрытия осуществляют из двухслойного битумизированного материала на основе алюминиевой фольги и ткани. В ФРГ (фирма «Динамит Нобель») для кровельных покрытий и пароизоляции применяют «Трокал» — материал шириной 0,9...1,8 м, длиной 20 и 80 м. Его применяют в различных климатических зонах (от —20 до 35 °С).

Любой тип покрытия из рулонных материалов является трудоемким и недолговечным. Для устранения этих недостатков в Советском Союзе применяют железобетонные предварительно напряженные безрулонные кровельные плиты пролетом, равным ширине дома (рис. 11.3, *в*). Для повышения водонепроницаемости этих плит на их наружную поверхность наносят защитное покрытие на основе кремнийорганических эмалей, битумную краску с алюминиевой пудрой, цементно-перхлорвиниловую краску и др. Недостаток таких покрытий состоит в том, что они недолговечны и через 3...4 года растрескиваются и отслаиваются. Для повышения водонепроницаемости, морозостойкости и трещиностойкости кровельных плит целесообразно в состав бетона вводить водоэмульсионную полимерную добавку (дивинилстирольный латекс СКС-65 ГП). Водонепроницаемые безрулонные плиты укладывают друг к другу с зазором 10 мм без заполнения швов раствором (сухие сты-

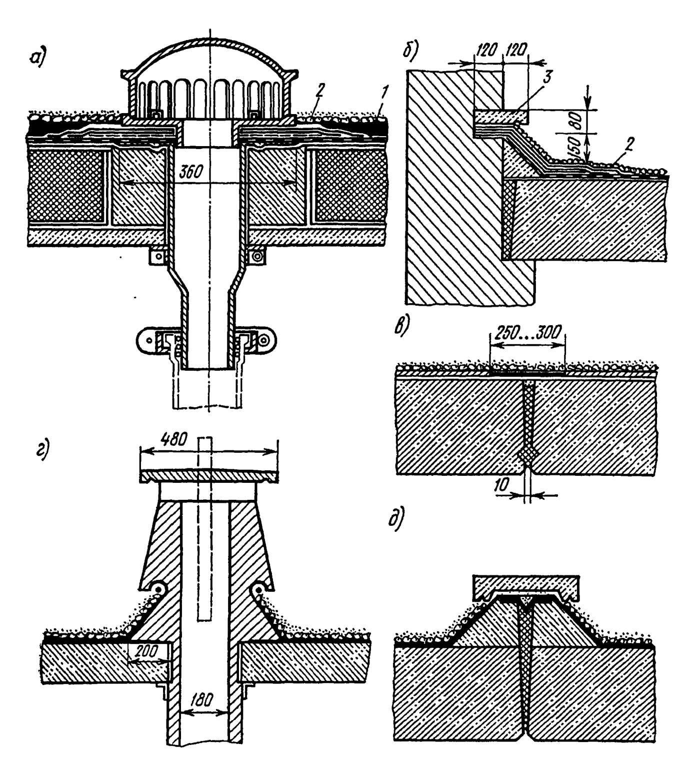


Рис. 11.4. Устройство рулонного ковра в местах примыкания к оборудованию кровли

ки), а сверху устанавливают либо нащельник, либо одна плита находит на другую (по типу гуська) с прокладкой пороизолового жгута.

При наличии внутреннего водоотвода наклейку полотнищ начинают от водоприемных воронок. Вокруг фланца чаши водоприемной воронки на основной слой гидроизоляционного ковра *1* дополнительно наклеивают слой стеклоткани размером 1×1 м и два слоя рулонного материала *2* (рис. 11.4, *а*). В местах примыканий кровли к парапетам и стенам концы рулонных полотнищ должны подниматься на вертикальные плоскости не менее 200 мм и закрепляться в соответствии с проектом. Первый дополнительный слой перекрывает основной гидроизоляционный ковер не менее чем на 150 мм, а каждый последующий — не менее чем на 100 мм. Все дополнительные гидроизоляционные слои *2* наклеивают на тугоплавких мастиках, а их верхние концы заводят в штрабу стены и закрепляют сверху железобетонными плитами *3*, уложенными на мастике «изол» (рис. 11.4, *б*). Деталь устройства кровли в местах соединения плит покрытия показана на рис. 11.4, *в*.

Примыкание гидроизоляционного ковра к комплексному блоку, объединяющему трубы, стойки телеантенны, стояки канали-

зации и др., осуществляют в соответствии с рис. 11.4, *г*. В местах температурно-осадочных швов водонепроницаемость покрытия обеспечивают в соответствии с рис. 11.4, *д*.

Из рулонных материалов устраивают и плоские водозаливные кровли. Технология изготовления многослойного ковра (не менее четырех слоев) аналогична вышеописанной. Сверху укладывают защитный слой из горячей мастики с втапливанием в него мелкозернистого гравия или морозостойкой минеральной крошки. Мастику целесообразнее принимать дегтевую, так как в процессе эксплуатации под воздействием солнечных лучей она размягчается и заполняет мелкие трещины. Достоинство водозаливных кровель состоит в том, что создаются более благоприятные условия как для эксплуатации рулонного ковра, так и для здания. Покрытие кровли не перегревается солнечными лучами, а из мастики не происходит испарения ценных гидроизоляционных масел. В помещениях под крышей-«ванной» температура воздуха летом примерно на 10 °C ниже, чем в помещениях под обычными скатными крышами.

Кровельное покрытие из рулонных материалов газопламенным способом выполняют с помощью установок БА-2 и УНБМ. Особенность этого способа состоит в том, что для наклейки рулонных материалов битумно-порошковую смесь готовят централизованно на битумных узлах и в бумажных мешках в сухом виде доставляют на стройку. Состоит она из битума марки БН-IV и сухого наполнителя: извести-пушонки, каолина, цемента низких марок, золы-уноса и др. В молотковой дробилке битум перемалывается и обволакивается пылевидным наполнителем. Во время работы газопламенной установки сжатый воздух подхватывает порошкообразный битум из загрузочного бачка и с большой скоростью подает воздушно-битумную смесь к горелке. Во время сгорания газа в струе горячего воздуха битум расплавляется и в каплеобразном виде наносится на основание. Чтобы не было сгорания битума в пламени газовой горелки, температура смеси на выходе из раструба горелки не должна быть больше 220 °C. Это регулируется величиной подачи газа, воздуха, битумно-порошковой смеси, расстоянием от раструба горелки до покрываемой поверхности, скорости перемещения установки и величиной факела. На расплавленный слой мастики укладывают рулонное полотнище и прикатывают катком. Для лучшего соединения полотнищ друг с другом их кромки (на величину нахлестки) смазывают мастикой.

11.3. Безрулонные кровли из мастичных материалов

Для устройства мастичных кровель применяют битумные, битумно-резиновые мастики и битумно-полимерные эмульсии как без армирования, так и армированные стекломатериалами (стеклохолстом или стеклосеткой).

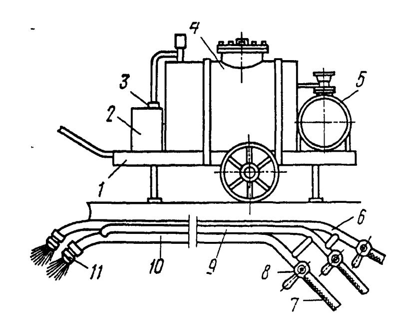


Рис. 11.5. Передвижная установка для устройства битумно-латексного покрытия крыши:

1 — тележка; *2* — ящик со штуцерами для присоединения шлангов подачи воздуха и эмульсии; *3* — раструб бачка для промывочного состава; *4* — бак для битумно-латексной эмульсии; *5* — бачок для раствора хлористого кальция; *6* — канал для раствора хлористого кальция; *7* — гибкий резиновый шланг; *8* — регулировочный кран; *9* — канал для воздуха; *10* — канал для битумно-латексной эмульсии; *11* — форсунка

До нанесения мастичного слоя швы между сборными панелями покрытия должны быть заделаны, а сверху на них наклеены полоски шириной 250 мм из стеклоткани, рубероида или пергамина. Мастичную кровлю усиливают в местах ее примыкания к вертикальным поверхностям стен парапетов, вентиляционным блокам, трубам, воронкам внутреннего водостока, в ендовах, разжелобках, над деформационными швами, вдоль карниза и т. д. с нанесением двух дополнительных слоев мастики, армированных стеклосеткой или стеклотканью. Основание должно быть огрунтовано битумной или битумно-полимерной эмульсией. Когда грунтовка подсохнет, с помощью удочки наносят первый слой битумно-латексной эмульсии толщиной 2...3 мм, а остальные три слоя наносят после высыхания предыдущего.

Битумно-латексную эмульсию наносят с коагулянтом (5 %-ным раствором хлористого кальция) с помощью специальной установки (рис. 11.5). При этом необходимо строго следить за правильной дозировкой компонентов (эмульсия, коагулянт, воздух), так как излишнее количество хлористого кальция вспучивает эмульсию (образуется большое количество пор), а недостаточное — замедляет процесс распада эмульсии. Если мастичную кровлю армируют, то после первого слоя мастики кровельщики 3-го и 2-го разрядов укладывают стеклосетку с нахлесткой 100 мм. Когда первый слой высохнет, на стеклоткань наносят второй слой битумно-латексной эмульсии.

При устройстве кровельного покрытия на битумных или битумно-резиновых мастиках по основанию расстилают стеклохолст с нахлесткой полотнищ по ширине и длине на 100 мм. Для обеспечения полного пропитывания стеклохолста и хорошего соединения с основанием кровли сверху наносят горячую мастику. Последующие слои кровли с двумя или тремя армирующими прокладками из стекловолокна устраивают аналогично первому.

Мастичные кровли можно устраивать с применением рубленого стекложгута установкой СО-118, состоящей из накопительных и напорных емкостей для эмульсии и коагулянта, компрессора, материальных шлангов с пистолетом-напылителем и пульта управления. С помощью пистолета-напылителя на поверхность кровли наносят все компоненты, состоящие из вяжущего, рубленых стекло-

нитей длиной 20...60 мм и коагулянта. Подготовительные и основные процессы выполняют аналогично вышеописанным.

Для увеличения срока службы мастичной кровли делают защитный слой, состоящий из алюминиевой пудры и растворителя или битумного лака. Защитный слой можно устраивать и с применением мелких фракций гравия, втопленного в слой (3 мм) битумно-эмульсионной мастики.

Безрулонная кровля может быть сделана с применением кровлелита — полимерного материала на основе хлорсульфополиэтилена, разработанного в отделе мягких кровель ВНИИ кровля. Этот материал может иметь различную окраску, обеспечивать хорошее сцепление с бетонной поверхностью, обладать высокими гидроизоляционными свойствами, повышенной тепло-, морозо- и химической стойкостью. Масса такого покрытия в десять раз меньше, чем кровли из рулонного материала. Кровлелит можно использовать и при ремонте рулонных кровель, нанося его сверху старого ковра слоем толщиной 0,3...0,5 мм.

В зимнее время при отрицательной температуре нельзя устраивать мастичную кровлю.

11.4. Асбестоцементные кровли

Кровли устраивают с применением асбестоцементных и стеклопластиковых волнистых листов, а также асбестоцементных плоских плиток.

Для устройства покрытия первого типа используют волнистые листы обыкновенного профиля (ВО), унифицированные волнистые (УВ), волнистые пластмассовые листы и волнистые асбестоцементные листы усиленного профиля (ВУ). Последний тип (ВУ) применяется в промышленном строительстве.

Покрытия жилищно-гражданских зданий устраивают из асбестоцементных волнистых листов *2* обыкновенного профиля ВО (рис. 11.6, *а*). Укладывают их двумя способами: со смещением нахлестки на одну волну по отношению к продольному шву нижележащего ряда и без смещения нахлестки в смежных рядах. По первому способу необходимо укладывать в каждом ряду первый лист, который был бы по ширине на одну волну меньше нижележащего листа. Во втором способе для обеспечения плотного прилегания вышележащего листа к нижележащему требуется обрезка углов двух смежных листов (рис. 11.6, *в*). Крепление листов к обрешетке *1* производят гвоздями *3* с прокладкой резиновой шайбы *4* (рис. 11.6, *б*) или шурупами. Гвозди забивают на гребне волны с шагом 530 мм. Чтобы исключить коррозию гвоздей, их либо оцинковывают, либо сверху окрашивают масляной краской под цвет волнистых листов. Обрезку углов листов производят механически (дисковой электропилой), а отверстия для крепления сверлят по месту ручным или электрическим сверлом. Вышележащий ряд волнистых асбестоцементных и пластмассовых листов напускают на нижележащий на 120...140 мм, а с применением асбестоцементных

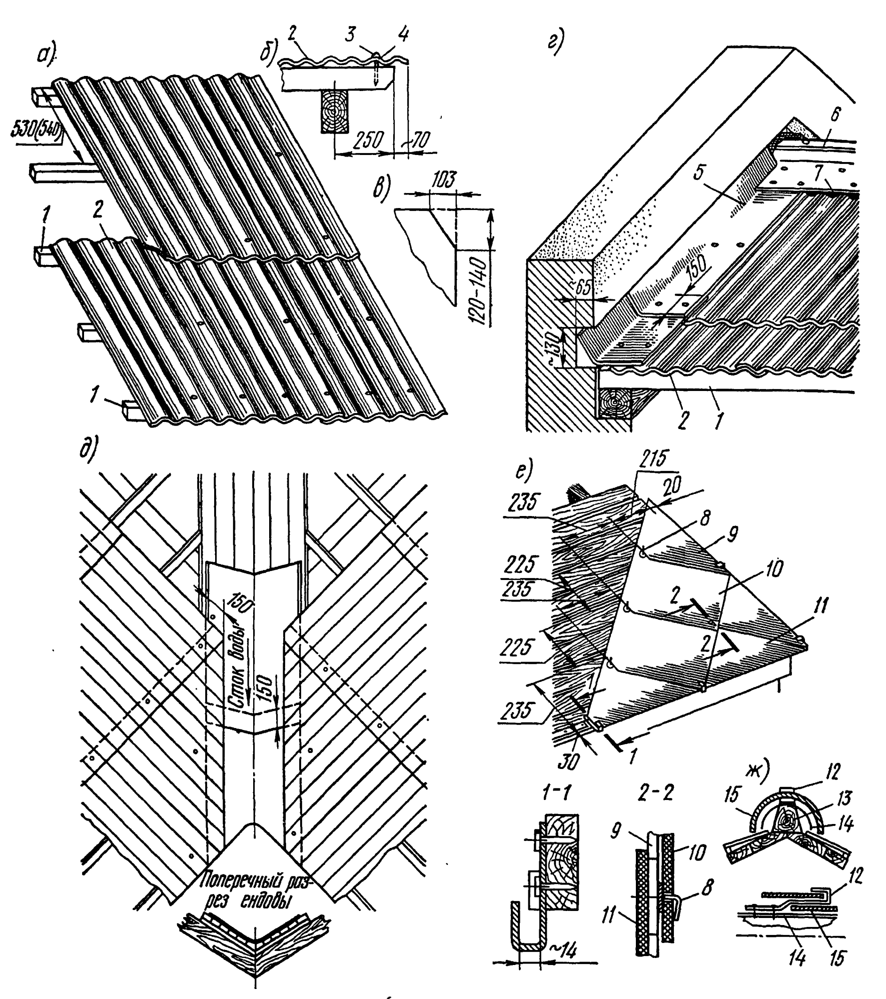


Рис. 11.6. Устройство кровель из волнистых асбестоцементных листов и плоских плит

волнистых листов унифицированного и усиленного профилей — 200 мм. Карнизный свес первого ряда из этих же листов на крышах с неорганизованным водостоком принимают равным 100 мм. При отсутствии асбестоцементных лотков разжелобки и карнизы с настенными желобами устраивают из листовой оцинкованной кровельной стали.

В местах примыкания кровли к стенам и слуховым окнам (рис. 11.6, *г*) применяют воротники из асбестоцементных углов *5*, а при отсутствии их отвороты фартуков и воротников делают из оцинкованной кровельной стали с заводкой концов в борозду или под выдру. Конек *6* скатов на кровле из асбестоцементных волни-

стых листов покрывают фасонными коньковыми деталями с нахлесткой 100 мм. Чтобы исключить поддувания снега, зазоры между нижней волной продольных листов и коньковым элементом заделывают холодной мастикой *7*. Устройство ендовы с покрытием скатов волнистыми листами показано на рис. 11.6, *д*.

Для покрытия крыши плоскими асбестоцементными плитами размером 400×400 мм, толщиной 4 мм устраивают основание из дощатого настила с влажностью не более 23 %. По настилу производят разбивку с сеткой: вдоль свеса — с шагом 235 мм, а по уклону крыши — 225 мм. Покрытие начинают от карниза и ведут снизу вверх. Сначала укладывают краевые плитки *11* (рис. 11.6, *е*) и закрепляют двумя гвоздями 2,5×35 мм. Четный ряд начинают с укладки полуплиток *9*, а нечетный — целых плиток *10*. Все плитки покрытия прикрепляют к обрешетке в трех точках гвоздями, которые сверху прикрывают вышележащим рядом (нахлесткой). Нижний угол каждой плитки закрепляют противоветровой оцинкованной кнопкой *8*. По коньковому бруску *13* (рис. 11.6, *ж*) прокладывают полосу рубероида *14* шириной 350 мм (чтобы исключить задувание снега), а сверху укладывают желобчатый элемент *15*, который закрепляют к коньковому бруску противоветровой скобой *12*. Желобчатый конек имеет небольшую конусность, что позволяет широкую часть раструба плотно уложить на узкий конец смежного конька. Нахлестка в рядовых плитках и в коньковых элементах должна быть равна 70...75 мм.

Покрытие крыши производят по захваткам. В состав звена входит два человека: кровельщик 4-го разряда покрывает и следит за качеством работы, а кровельщик 2-го разряда выполняет все вспомогательные работы. Асбестоцементные листы и плитку на крышу подают в контейнерах краном или шахтным подъемником.

Законченная кровля из асбестоцементных материалов должна удовлетворять следующим требованиям: при осмотре ее со стороны чердака в кровле не должно быть видимых просветов; асбестоцементные листы не должны иметь околов и трещин.

В зимний период устройство кровли из асбестоцементных материалов допускается независимо от температурных условий.

11.5. Кровли из черепицы

Для покрытия крыш применяют глиняную черепицу пазовую штампованную, плоскую ленточную (365×165 мм), пазовую ленточную (400×200 мм) и коньковую (длиной 365 мм), а также цементно-песчаную черепицу.

Обрешетку под однослойную черепичную кровлю устраивают из брусков сечением 50×50 и 50×60 мм, а под двухслойную (из тяжелой штампованной черепицы) — 60×60 мм. Бруски прибивают гвоздями к стропилам, начиная от конька (сверху вниз) с шагом, в зависимости от размера черепицы. Основание разжелобка устраивают сплошным из досок.

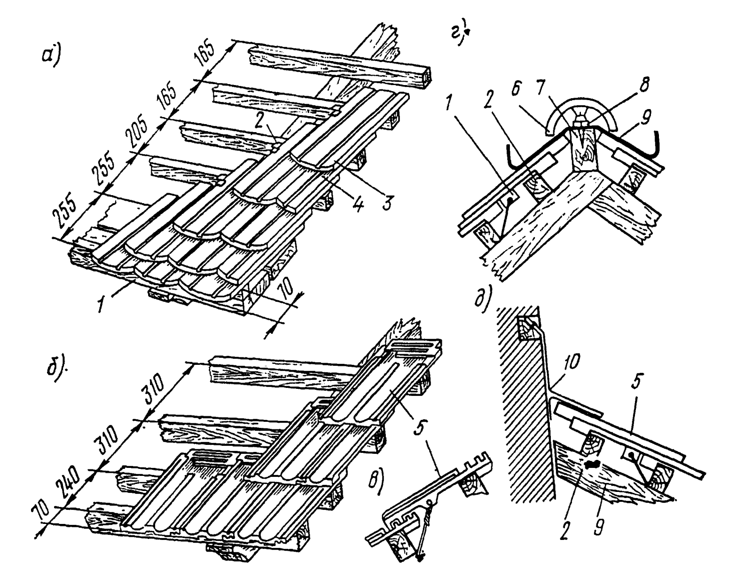


Рис. 11.7. Устройство черепичной кровли

Из глиняной плоской ленточной черепицы кровлю делают обычно в два слоя (рис. 11.7, *а*) и чешуйчатым способом. Укладку черепицы ведут рядами снизу вверх и справа налево. Для бо́льшей герметизации швы между плитками прикрывают черепицей вышележащего ряда. Для этого нечетные ряды начинают целыми *3*, а четные — с укладкой половины черепицы *4*. Вдоль карнизных и фронтонных свесов прикрепляют к обрешетке *1* каждую черепицу, а в остальных рядах — каждую вторую или третью. Крепление осуществляют кляммерами *2* или гвоздями.

Одно- и двухскатные крыши покрывают фальцевой ленточной черепицей *5* (рис. 11.7, *б, в*). Достоинство этой черепицы состоит в том, что она имеет продольный и поперечный закрой, благодаря чему обеспечивает большую герметизацию покрытия. Порядок укладки и способ закрепления как фальцевой ленточной, так и фальцевой штампованной черепицы аналогичен вышерассмотренному.

Для крепления ходовых мостиков скобу *9* (рис. 11.7, *г*) прикрепляют через 2 м глухарем *8* к коньковому бруску *7*. Конек крыши покрывают коньковой желобчатой черепицей *6*. В местах примыкания черепичной кровли к вертикальным стенам устраивают фартук *10* (рис. 11.7, *д*) из кровельной оцинкованной стали.

Для покрытия крыш реже применяют желобчатую черепицу. Укладывают ее на сплошную дощатую обрешетку с уклоном ската 20...33 %. Черепицу к обрешетке не закрепляют, а удерживают на скате за счет трения. Желобчатую черепицу расширенным концом укладывают на суженный конец черепицы нижерасположенного ряда с применением известкового раствора с добавкой очесов.

11.6. Устройство деталей кровли из металлических листов

Для экономии металла листовую сталь как материал для покрытия крыш жилищно-гражданских зданий не применяют. Из оцинкованной листовой стали и алюминиевых листов изготовляют лишь отдельные элементы для рулонных, асбестоцементных и черепичных покрытий: примыкания к стенам, слуховым окнам, трубам, карнизные свесы, разжелобки, надстенные желоба, водоприемные воронки, водосточные трубы и т. д. Все эти изделия заготавливаются, как правило, на заводах механизированным способом, а на объекте строительства производится лишь соединение друг с другом укрупненных элементов.

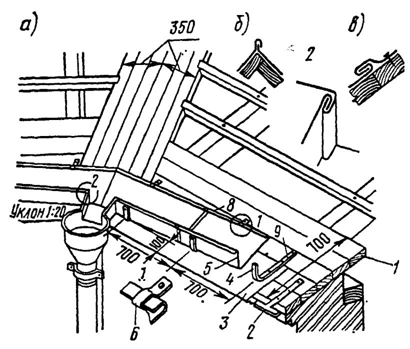


Рис. 11.8. Устройство деталей кровли из металлических листов

На рис. 11.8, *а* показано устройство надстенного желоба. Вдоль карниза укладывают сплошной дощатый настил *1* шириной 700 мм. Через 600 мм в настил врезают костыли *2* для крепления к ним картин карнизного свеса *3*. Последний укладывают на подкладочный слой рулонного материала. Сверху карнизного свеса прибивают крюки *4* для крепления надстенного желоба *5*. Верхнюю часть картин надстенного желоба прикрепляют к обрешетке кляммерами *6*.

Соединение листов в продольных швах, расположенных параллельно стоку воды, а также на ребрах и коньках крыши осуществляют одинарным стоячим фальцем (рис. 11.8, *б*). В кровлях с уклоном менее 30 %, а также на карнизах и разжелобках соединение листов производят двойным лежачим фальцем (рис. 11.8, *в*) с промазкой шва суриковой замазкой. При уклоне кровли более 30 % соединение металлических листов в швах, расположенных поперек стока воды производят одинарным лежачим фальцем. Водосточные трубы собирают из готовых звеньев и прикрепляют к стене штырями с ухватами или хомутами. Навешивают их вертикально в удалении от стены на 120 мм, а их отводные колена — выше тротуара или отметки на 200 мм.

11.7. Охрана труда

К кровельным работам можно приступать после проверки правильного устройства покрытий, оснований, стропил, обрешетки и парапетных ограждений. Работающие на крыше должны быть снабжены предохранительными поясами и нескользящей обувью, а при уклоне ската более 20° и при работе на мокрой или заснеженной обрешетке (независимо от ее уклона) — переносными стре-

мянками шириной не менее 30 см с нашитыми планками. Кровельные работы нельзя выполнять во время гололедицы, густого тумана, ветра со скоростью 15 м/с и более, ливневого дождя и сильного снегопада.

Хранить на крыше кровельные материалы, тару с мастикой, инструменты разрешается только на специальных горизонтальных площадках, надежно закрепленных к стропилам. Внизу здания зона возможного падения с крыши материалов и инструмента должна быть ограждена. В конце смены с крыши должны быть убраны все остатки материалов, а приспособления и инструменты надежно закреплены. Сбрасывать с крыши остатки материалов и мусор запрещается. Покрывать карнизные спуски, парапеты, подоконники, пояски, сандрики, устраивать желоба, навешивать водосточные воронки и трубы разрешается только с подмостей, выпускных лесов, люлек или с телескопической вышки.

Если на рабочее место подают горячую мастику, то необходимо пользоваться тарой, исключающей ее расплескивание. Устанавливать бачки с мастикой разрешается только на горизонтальную площадку. При устройстве рулонного покрытия мастика не должна стекать с крыши. На таре с холодной мастикой должна быть надпись «Огнеопасно». Мастику нельзя ставить вблизи источников пламени. В местах применения и хранения холодной мастики запрещается курить и зажигать спички. Бензин и другие легковоспламеняющиеся материалы разрешается хранить только в герметически закрывающейся таре.

Битумоварочные котлы наполняют не более чем на $^3/_4$ их объема. Нельзя загружать в них влажные материалы во избежание выплескивания горячей массы.

Глава 12. **ОТДЕЛОЧНЫЕ РАБОТЫ**

12.1. Стекольные работы

До начала отделочных работ необходимо произвести остекление витрин магазинов, а в гражданских зданиях — тех оконных переплетов и балконных дверей, в которых были повреждены стекла в период их транспортировки и производства общестроительных работ. Для производства стекольных работ применяют оконное (толщиной 2...6 мм), армированное, зеркальное (витринное), цветное стекло, стеклопрофилит и стеклоблоки.

Массовую заготовку стекол производят в централизованных мастерских с остеклением оконных переплетов на ДСК. При небольших объемах работ остекление выполняют на объекте строительства. Резку оконного стекла производят на специальном столе с помощью алмазного, металлического или электростеклореза. Рабочим органом в металлическом стеклорезе является ролик, изготовленный из твердого сплава, а в электростеклорезе — проволока накаливания, благодаря которой стекло односторонне нагревается и лопается по линии раскаленной проволоки. Размер стекла опре-

деляют из условия, чтобы зазор между кромкой вставленного листа и фальцем был 2 мм. До начала стекольных работ фальцы должны быть очищены, просушены, проолифлены, а переплеты и двери огрунтованы или окрашены за один раз.

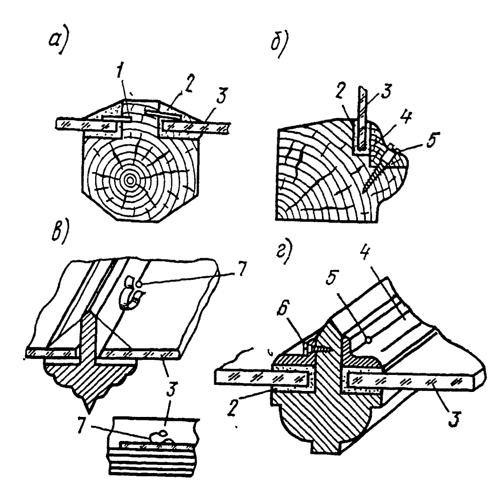


Рис. 12.1. Остекленение оконнных переплетов

В деревянные переплеты стекла *3* вставляются на двойной замазке 2 (рис. 12.1, *а*), на двойной замазке со штапиками (рис. 12. 1, *б*) или на упругих (резиновых) прокладках со штапиками *4*, а в переплеты из алюминиевых сплавов — как на двойной замазке (рис. 12.1, *в*), так и на штапиках *6* по замазке (рис. 12.1, *г*). С помощью шприца или стамески на фалец наносят первый (подстилочный) слой замазки и к нему прижимают стекло. После закрепления его шпильками *1* снаружи наносят второй слой замазки и заглаживают на фаску или покрывают штапиком. Забивку шпилек производят пистолетами. Применяют шпильки треугольной формы с основанием 8 мм и высотой 12 мм. Пистолет имеет круглый барабан с шестью отсеками по 100 шпилек в каждом. В пистолете конструкции А. Алиферова имеется приспособление, позволяющее одновременно отмерять шпильку стандартного размера, отрезать ее от проволоки толщиной 1,2 мм и забивать в фалец. В металлических переплетах стекла закрепляют с помощью пружинных пластинок *7* со шпильками и кляммерами, а также металлическими штапиками на шурупах *5*.

Замазка должна быть водо- и морозостойкой, обладать пластичностью, чтобы в период эксплуатации в ней не появлялись трещины. Этим требованиям более полно удовлетворяет замазка, приготовленная из смеси молотого мела, сухих свинцовых белил с влажностью не более 1...2 % и натуральной олифы. Обмазку оконных фальцев осуществляют шприцем. Количество выжимаемой замазки из цилиндра регулируется скоростью движения рычага. Для заправки цилиндр свинчивается с корпуса, а поршень вместе с реечным штоком отодвигается в исходное положение. При больших объемах стекольных работ применяют пневмопромазчик фальцев СО-117, из которого замазка выжимается сжатым воздухом; заправляют его с помощью пневмозаправочного бачка.

Для установки в оконные рамы стекол малых и средних размеров применяют однотарельчатый и трехтарельчатый вакуум-присосы.

В зимний период резку стекла и установку его в просушенный

переплет производят в помещениях с положительной температурой. Состав звеньев и количество их в бригаде зависит от объема работ, размеров стекла и местных условий (этажности дома, расстояния подноски и т. д.). Стекольные работы выполняют бригадой по поточно-расчлененному методу.

12.2. Штукатурные и облицовочные работы

Общие сведения. Назначение штукатурных работ состоит в следующем: придать конструкциям необходимые декоративные качества с обеспечением гладкой и ровной поверхности; подготовить помещения для выполнения малярных работ; улучшить санитарно-гигиенические условия в жилых и культурно-бытовых зданиях; защитить элементы зданий от вредного атмосферного воздействия; повысить теплотехнические и звукоизоляционные свойства ограждающих конструкций; защитить конструкции от огня, проникания через них рентгеновских лучей, влаги и т. д.

Штукатурка может выполняться по кирпичным, бетонным и деревянным поверхностям, а также по сетке металлических конструкций. При оштукатуривании каменных и бетонных поверхностей применяют известковый, известково-цементный и цементный растворы, в деревянных — известково-гипсовый раствор. К штукатуркам специального назначения относятся: рентгенозащитная (баритовая), звукопоглощающая (из пемзового, керамзитового или шлакового песка), декоративная, гидроизоляционная (для повышения водонепроницаемости конструкций) и др. Различают два вида штукатурок: монолитную и сухую. Монолитная (мокрая) штукатурка состоит из нескольких слоев и поэтому является трудоемкой. Для уменьшения трудозатрат и сокращения «мокрых» процессов на объектах применяют сухую штукатурку в виде гипсокартонных листов.

С широким развитием полносборного панельного и блочного строительства на заводах изготовляют стеновые панели, панели-перегородки, панели перекрытий с готовой гладкой поверхностью. После монтажа панелей требуется лишь заделка швов, а в блочных домах — разделка швов и устройство оконных и дверных откосов.

Оштукатуривать поверхности раствором разрешается только в особых случаях, предусмотренных перечнем Госстроя СССР.

Отделка поверхностей гипсокартонными листами. До отделки стен и потолков гипсокартонными листами должны быть полностью закончены сантехнические работы, установлены и закреплены оконные и дверные коробки, сделаны встроенные шкафы, подготовлено основание под полы. Листы можно крепить: непосредственно к отделываемым поверхностям (если они сделаны доброкачественно и отклонение, например, стен не превышает 15 мм на этаж), к маякам и к деревянным рейкам или каркасам.

При отделке кирпичных стен (рис. 12.2, *а*) в верхних углах комнаты устраивают марки *1, 2,* в плоскости которых по отвесу внизу комнаты наклеивают марки *3, 4.* Между марками *1* и *2* натягивают

шнур и в его плоскости через 1,2 *м* (равном ширине листа) устраивают промежуточные марки *5, 6, 7* и т. д. Точно так же поступают внизу, устанавливая аналогичные марки. Для контроля (нет ли в середине облицовываемой стены точек, выступающих из полученной плоскости) натягивают по двум диагоналям отделываемой поверхности. Затем в плоскости точечных марок *1, 5, 6, 7, 8, 2* устраивают ленточные маяки шириной 60...80 мм. Они являются основанием для вертикальных швов облицовочных листов. Чтобы исключить их прогиб, между ленточными маяками располагают через 400 мм друг от друга два ряда точечных маяков *13*. С этой же целью через $^1/_5$H от основания пола делают и два ряда горизонтальных маяков *14*.

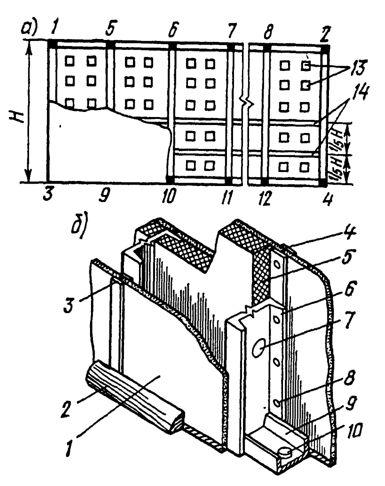


Рис. 12.2. Технология отделки поверхностей гипсокартонными листами

Маяки изготовляют из обрезков сухой штукатурки, склеенных сульфитно-гипсовой мастикой и наклеивают на быстротвердеющей гипсоопилочной или пеногипсовой мастике. Гипсокартонные листы к каменным стенам прикрепляют гипсовой мастикой, приготовленной на известково-клеевом растворе двух составов: с началом схватывания 20 и 40 мин; гипсовой мастикой, приготовленной из гипсового вяжущего на 2 %-ном водном растворе животного клея; на гипсомеловой мастике, битумно-силикатной, гипсоопилочной и сульфитно-гипсовой (предложение штукатура А. М. Пиванова).

На маяки гипсокартонные листы наклеивают на тонком слое сульфитно-гипсовой мастики и прижимают рейками с временными распорами. К деревянным рейкам или каркасам листы отделочного материала крепят с помощью оцинкованных гвоздей или шурупов. По периметру листа гвозди забивают с шагом 100 мм, а на внутренних рейках — через 200 мм.

Для облицовки стен в помещениях жилых домов с влажностью не более 60 % применяют гипсокартонные листы, гипсоволокнистые, древесноволокнистые, древесностружечные листы, декоративную отделочную фанеру и слоистые пластики, плиты типа «инсулак» (покрытые синтетическими эмалями). Прикрепляют их к реечному каркасу гвоздями, шурупами или приклеивают мастиками и клеями к маякам или непосредственно на облицовываемую поверхность.

Вертикальные швы между гипсокартонными листами (подлежащими в последующем оклейке обоями) устраивают толщиной не более 6 мм и заделывают гипсовой мастикой. После высыхания мастики поверхность шва шпаклюют. При облицовке стен под окраску швы между листами устраивают с зазором до 10 мм и заполняют

мастикой. После просушки мастики на шов наклеивают полоску марли и сверху прошпаклевывают. Открытые швы заполняют мастикой и расшивают. Если же выполняют высококачественную отделку стен, то швы между листами заделывают профильными полосками из алюминия или синтетических декоративных материалов. К дверным коробкам (в перегородках) листы примыкают заподлицо и сверху закрываются наличником. Гипсокартонные листы не должны доходить до уровня пола на 15...20 мм, чтобы исключить их намокание при мытье пола. Облицовка стен листами сухой штукатурки начинается от угла, где первый лист устанавливают как маячный и в его плоскости закрепляют все остальные. В помещениях, которые облицовывают сухой штукатуркой, температура воздуха должна быть не менее 10 °С. При такой температуре стены прогревают не менее 2 сут до начала устройства маяков и выдерживают в течение 12 сут после окончания облицовочных работ. Листы к маякам закрепляют через сутки после их устройства и через такое же время производят заделку швов после наклейки листов.

Отделку стен гипсокартонными листами выполняют бригадой по поточно-расчлененному методу, т. е. отдельные звенья движутся друг за другом и выполняют определенную работу: очистку поверхности от пыли, провешивание плоскости, устройство точечных и ленточных маяков, устройство откосов, промазку маяков мастикой, подготовку листов (сортировку, обрезку) и наклейку их по маякам.

Более прогрессивным направлением в отделочных работах является применение индустриальных каркасных перегородок (рис. 12.2, *б*), позволяющих полностью исключить мокрые процессы. Основой таких перегородок является каркас из тонколистового оцинкованного проката толщиной 0,5 мм или из экструзионного асбестоцементного швеллера ЭШ-10. Верхние и нижние направляющие из швеллеров *9* прикрепляют к потолку и основанию пола дюбелями *10*. В направляющих закрепляют (методом просечки с отгибом) стойки *6* через 400...600 мм. Для пропуска электропроводки стойки имеют отверстия *7*. К каркасу прикрепляют гипсовые листы *1* толщиной 14 мм (в один или два слоя) самосверлящими и самонарезающими винтами *8*. Гипсовые листы соединяют между собой раскладкой из ПВХ № 5 (см. стык *4*) или сверху вертикальный стык заклеивают лентой. В необходимых случаях в перегородку укладывают звукоизоляционный материал *5*. Горизонтальный стык (внизу перегородки) закрывают плинтусом *2*, который может быть как сплошного сечения, так и с отверстиями для прокладки электропроводов.

Оштукатуривание поверхностей растворами. До начала штукатурных работ здание должно быть подготовлено в соответствии с требованиями СНиП III-21 — 73.

Монолитную (мокрую) штукатурку делают из нескольких слоев: обрызга, грунта и накрывки. Для обеспечения хорошего соединения с оштукатуриваемой поверхностью *обрызг* устраивают

из пластичного раствора с погружением стандартного конуса 90... 140 мм. Толщина слоя обрызга не должна превышать 7 мм при нанесении раствора на кирпичные, каменные или бетонные поверхности и 9 мм — на деревянные поверхности. Когда раствор в слое обрызга начнет твердеть, на него наносят второй слой — *грунт*. Его устраивают из известкового раствора с погружением стандартного конуса 70...80 мм и из гипсового с осадкой конуса 80...100 мм толщиной на деревянных поверхностях — 10...12 мм, на каменных — 5...7 мм. Поверхность грунта разравнивают и уплотняют в плоскости ранее сделанных маяков. При большой толщине штукатурного намета грунт наносят в несколько слоев. *Накрывочный слой* толщиной 2 мм устраивают из пластичного раствора с погружением стандартного конуса в растворе без гипса 70...80 мм и с гипсом 90...120 мм. Накрывочный слой для декоративной штукатурки принимают толщиной 5 мм. Средняя общая толщина штукатурного намета не должна превышать при простой штукатурке 12 мм, при улучшенной — 15 мм, при высококачественной — 20 мм.

Для уменьшения трудозатрат при выполнении последующих малярных работ применяют бесшпаклевочную накрывку, состоящую из смеси гипса и известкового теста (состава 1 : 2, 1 : 4) или известково-песчаного раствора, приготовленнного на пылеватом песке крупностью зерен до 0,3 мм. Беззатирочное оштукатуривание выполняют с помощью гибких стальных гладилок, которыми заглаживают слой известково-гипсовой накрывки.

Уменьшить затраты ручного труда возможно, если применить *однослойную штукатурку*. Технология ее устройства состоит в том, что на оштукатуриваемую поверхность раствор наносят одним слоем за несколько приемов, но без технологических перерывов. Поступающий на объект строительства известково-песчаный раствор подвижностью 9...10 с подается с помощью штукатурной станции ПШС-2М или СО-114 по резиновым шлангам в этажные установки, снабженные смесительным барабаном емкостью 250 л и растворонасосом производительностью 2...4 м^3/ч. Для ускорения процесса твердения известково-песчаного раствора в него добавляют гипс (60 кг на 1 м^3 раствора). Из этажной установки известково-гипсо-песчаный раствор по шлангам поступает к месту его потребления и с помощью специальной удочки с форсункой воздушного распыления наносится на оштукатуриваемую поверхность. Раствор разравнивают алюминиевым или деревянным правилом, а через 10...15 мин затирают электрозатирочными машинками СО-86 или СО-112. На бетонную поверхность раствор наносят за один проход толщиной 7...8 мм, а на кирпичные поверхности — за 1...3 прохода с общей толщиной слоя 15...20 мм.

В зависимости от качества отделки штукатурку подразделяют на *высококачественную, улучшенную* и *простую*. Высококачественную штукатурку выполняют по маякам при отделке монументальных, общественных и административных зданий; улучшенную — при отделке жилых, общественных и административных зданий; простую — при отделке складских, подсобных, временных помеще-

ний и подвалов. Если раствор наносят механизированным способом, то высококачественную и улучшенную штукатурку устраивают из одного слоя обрызга, одного или нескольких слоев грунта и накрывочного слоя, а простую штукатурку — из слоя обрызга и грунта. При выполнении высококачественной штукатурки на ее поверхности не должно быть более двух неровностей глубиной или высотой до 2 мм под прави́лом длиной 2 м. Отклонение поверхности от вертикали не должно превышать 1 мм на 1 м высоты и не более 5 мм на всю высоту помещения. При улучшенной штукатурке допускается не более двух неровностей глубиной или высотой до 3 мм на длине того же прави́ла, а отклонение поверхности от вертикали не более 2 мм на 1 м высоты и не более 10 мм на всю высоту помещения. Простая штукатурка может иметь не более трех неровностей глубиной или высотой до 5 мм, а отклонение поверхности от вертикали должно составлять не более 15 мм на всю высоту помещения.

Поверхность, подлежащая оштукатуриванию, должна быть очищена от затвердевших наплывов раствора, пыли, грязи, жировых пятен. Для лучшего сцепления с раствором на поверхности бетона устраивают насечку пневматическим зубилом или к арматурным выпускам закрепляют металлическую сетку. На поверхности деревянных конструкций прибивают драночные щиты с ячейками в свету 45×45 мм. В местах сопряжений деревянных конструкций с кирпичными, бетонными и другими каменными поверхностями закрепляют металлические сетки.

Для высококачественной и улучшенной штукатурок производят провешивание плоскостей и устройство маяков — деревянных, металлических, растворных и дисковых. На поверхности, подлежащей оштукатуриванию, в точке, более всего выступающей из плоскости стены или потолка, забивают гвоздь (марка) таким образом, чтобы верх шляпки гвоздя фиксировал минимальную толщину общего слоя обрызга и грунта (без накрывки), т. е. при улучшенной штукатурке по каменным поверхностям 10...12 мм и высококачественной — 14...16 мм. По отвесу в этой точке провешивают линию на всю высоту помещения и закрепляют такими же гвоздями. Аналогично провешивание выполняют в углах комнаты и через 1,5 м вдоль стены, но с учетом минимальной толщины обрызга и грунта в наиболее выступающей точке. Чтобы шляпки всех гвоздей находились в одной плоскости, их положения проверяют шнуром, натянутым по диагонали и вдоль комнаты (от угла до угла).

После того как закончено провешивание стен и плоскость будущей штукатурки зафиксирована головками марок (рис. 12.3, *а*), на них укладывают *деревянный маяк 4* сечением 30×40 или 40×40 мм и закрепляют с помощью струбцины (рейкодержателя) *2* и зажимного винта *5*. На штыре *1* струбцина жестко фиксируется зажимным винтом *3*. Устройство деревянного маяка в углу комнаты показано на рис. 12.3, *б*. Недостаток деревянных маяков состоит в том, что они увлажняются, а при высыхании коробятся. Это отрицательно сказывается на точности устройства плоскости штука-

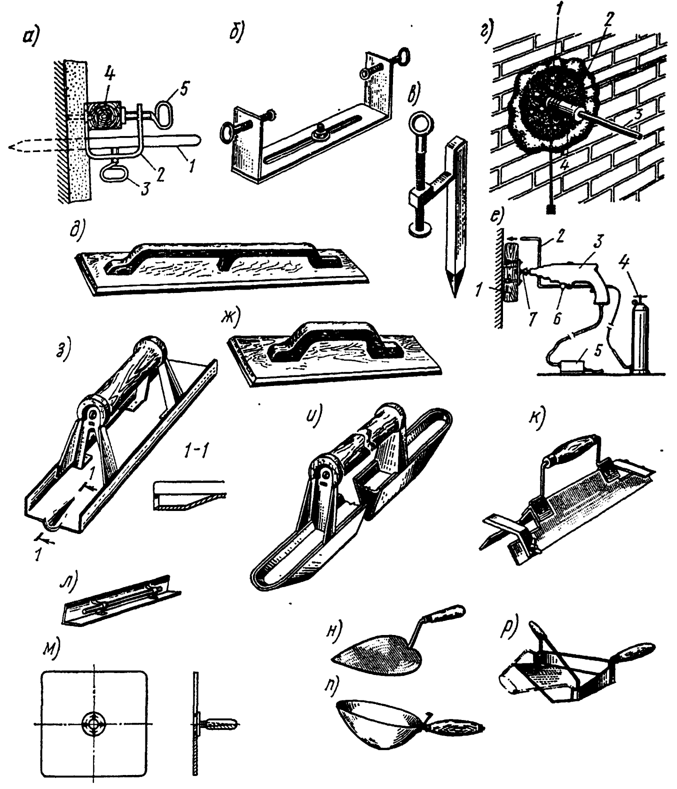


Рис. 12.3. Приспособления и инструменты для устройства монолитной штукатурки

турного намета. Указанный недостаток может быть устранен с применением пластмассовых маяков таврового сечения.

При оштукатуривании колонн и балок используют приспособление для крепления реек, изображенное на рис. 12.3, *б,* а при оштукатуривании оконных откосов — приспособление, показанное на рис. 12.3, *в*.

Растворные маяки устраивают из того же материала, что и штукатурку. Для этого правило своими концами устанавливают на шляпки гвоздей (марки) и под него набрасывают раствор. Полученные таким образом ленточные маяки шириной 50...70 мм фиксируют будущую плоскость оштукатуренной поверхности.

Дисково-струнный маяк Ларина (рис. 12.3, *г*) легко закрепляют на любой поверхности. К гипсовому раствору, нанесенному на оштукатуренную поверхность в небольшом количестве (в виде марки), прижимают перфорированный дисковый маяк *1* так, чтобы через его отверстия вышел раствор. Когда он затвердеет, на штыре *3* стопорным винтом *4* закрепляют втулку *2* с маячной струной из капроновой жилки толщиной 1...1,5 мм. На втулке имеются бо-

роздки, в которые и устанавливают капроновую струну, фиксирующую минимальную толщину будущего штукатурного намета. Дисковые маяки могут также применяться при выполнении облицовочных работ, устройстве стяжек, цементных и асфальтовых полов. Минимальную толщину штукатурного намета на потолках устанавливают аналогично стенам с применением ватерпаса, уровня, угольника и шнура.

При механизированном нанесении обрызга и грунта между маяками раствор, выступающий выше плоскости маяков, срезают малкой и разравнивают правилом, удлиненным полутерком конструкции Шелепило (рис. 12.3, *д*) или облегченной длинной рейкой. Механизированное нанесение обрызга и грунта на стены снижает затраты труда в 3...3,5 раза по сравнению с работой вручную.

Накрывочный слой наносят на выровненный и затвердевший грунт механизированным или ручным способом с применением сухих смесей на мелкозернистых песках или раствора, процеженного через сито с ячейками 1,6×1,6 мм. Отделку поверхности накрывочного слоя производят затирочными машинами различной конструкции. На рис. 12.3, *е* показана электрозатирочная машина, смонтированная на базе шуруповерта *3*, к оси которого прикреплен сменный диск *1* с резиновой муфтой *7*. Необходимое количество воды для затирки подается по трубе *2* из опрыскивателя *4* при открывании пробкового крана *6*. Электроэнергия поступает от трансформатора *5*.

Для заглаживания и шлифования верхнего штукатурного слоя применяют затирочную машину СО-54; СО-112, снабженную сменными плавающими дисками; СО-55 (С-952) с дюралюминиевыми дисками и накладками из войлока, дерева, капрона или пенопласта; СО-86 и ЭМД-9 — наиболее удобные и надежные. С помощью затирочных машин при улучшенной штукатурке можно обрабатывать поверхность грунта без нанесения накрывочного слоя.

При малых объемах работ затирку накрывочного слоя производят вручную дюралюминиевой, пластмассовой или деревянной теркой. Штукатур Шелепило для затирки накрывочного слоя применяет удлиненную деревянную терку (рис. 12.3, *ж*), позволяющую повысить производительность труда.

Швы между железобетонными плитами перекрытий предварительно заделывают жгутом из пакли, смоченной в цементном молоке, а затем раствором. Когда шов затерт в плоскости потолка, вдоль него устанавливают направляющую рейку и с помощью стальной рустовки типа РУ-1 (рис. 12.3, *з*) нарезают и разделывают вогнутый шов. Для устройства наружных швов применяют стальную рустовку типа РУ-2 (рис. 12.3, *и*) с длиной рабочего полотна 750 и 800 мм. Окончательную отделку углов колонн и балок (с фасками и без них) производят с помощью усеночного правила (рис. 12.3, *к*) и ножа *18*, а обработку откосов углов выполняют лузговым правилом (рис. 12.3, *л*).

При малых объемах работ и в стесненных условиях, при устройстве карнизов, оконных и дверных откосов раствор набрасывают

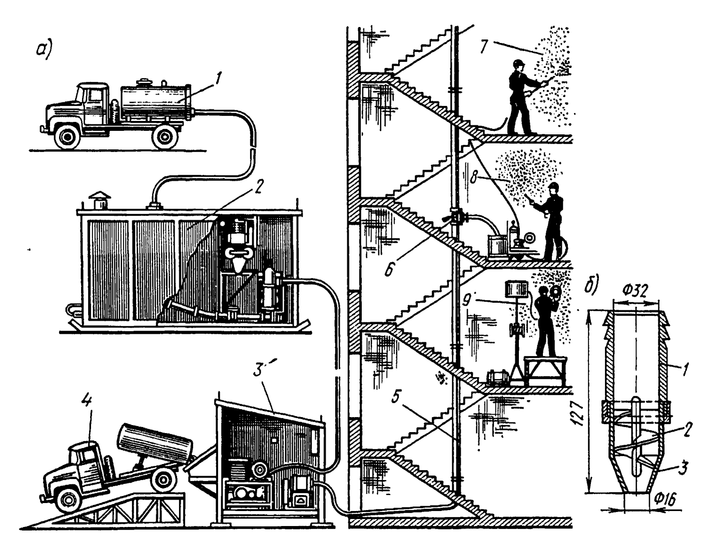


Рис. 12.4. Технологическая схема комплексной механизации штукатурных работ:
а — расположение механизмов: *1* — автоцистерна с известью; *2* — установка для известкового молока; *3* — станция для приема товарного раствора; *4* — растворовоз; *5* — растворовод; *6* — трехходовой кран; *7* — нанесение грунта и обрызга; *8* — нанесение накрывочного слоя; *9* — затирка; *б* — бескомпрессорная форсунка *1* с винтовой вставкой *2* и сменным наконечником *3*

вручную с дюралюминиевого или деревянного сокола размером 400×400 или 400×450 мм (рис. 12.3, *м*) с помощью штукатурной кельмы (рис. 12.3, *н*). На плоскости стен раствор можно наносить с помощью ковша Шаульского (рис. 12.3, *п*) и совка Илюхина (рис. 12.3, *р*). Применение их позволяет снизить трудоемкость штукатурных работ.

Для производства штукатурных работ применяют готовый известковый раствор. Установка СО-48 для подачи раствора состоит из растворонасоса, бункера с вибраситом и растворопровода, имеющего трубчатый стояк и резинотканевый рукав с бескомпрессорной форсункой. Производительность установок 2 и 6 м^3/ч, дальность подачи раствора по горизонтали 50...200 м, а по вертикали 15... 40 м. Для транспортировки известковых, цементных и других растворов применяют также диафрагмовые растворонасосы СО-49, СО-69 производительностью 1 м^3/ч при дальности подачи раствора по горизонтали 50 м и вертикали 15 м.

Технологическая схема комплексной механизации штукатурных работ показана на рис. 12.4. При достаточном давлении в растворопроводе раствор подается непосредственно в прямоточную форсунку (без поэтажного растворонасоса). Механизированное нанесение раствора на оштукатуриваемую поверхность производят с помощью пневматических или бескомпрессорных форсунок, не требующих сжатого воздуха.

Бескомпрессорные форсунки работают без сжатого воздуха. На оштукатуриваемую поверхность раствор наносят под воздействием

избыточного давления, которое создается растворонасосом в материальном шланге. Для лучшего завихрения струи раствора в корпусе форсунки *1* (рис. 12.4, *б*) имеется винтовая вставка *2*. Сменный наконечник *3* прикрепляют к корпусу с помощью накидной гайки.

В зависимости от конструкции форсунки, состава и подвижности раствора сопло необходимо держать от стены на расстоянии 0,8... 1 м под углом 80...90° к оштукатуриваемой поверхности, совершая при этом круговые движения. Для уменьшения потерь раствора на сопло надевают конус-гаситель, а внизу стены устанавливают металлические Г-образные поддоны или чисто остроганные доски. Падающий на поддоны раствор подбирают кельмой, к нему добавляют известковое молоко для получения нужной пластичности и используют для оштукатуривания стен внизу, где механизированным способом затруднительно нанести раствор.

Для нанесения штукатурных слоев, включая и декоративный накрывочный слой, применяют пневматический растворомет С-405, состоящий из ковша емкостью 6...8 л, у основания которого расположены четыре форсунки. При выходе из ковша раствор подхватывается струей сжатого воздуха и наносится на отделываемую поверхность.

Для механизированного нанесения раствора на поверхности конструкций применяют штукатурные станции: СО-114, «Салют-2», ПШС-2 и др. Штукатурная станция «Салют-2» (Укрорггехстрой) транспортирует как подвижные, так и жесткие растворы на расстояние по горизонтали до 400 м и вертикали до 90 м. Применение жестких растворов позволяет через 1,5...2 ч после его нанесения на стены производить заглаживание и затирку поверхности.

Для отделки поверхности фасадов административных и культурно-бытовых зданий применяют декоративную штукатурку: *«под гранит», «под бучарду», терразитовую штукатурку, «рваную» штукатурку,* отделку поверхности *«под набрызг»* и т. п. В лицевом слое декоративной штукатурки в качестве наполнителей раствора применяют: крошку мрамора, гранита, доломита, известняка, бой кирпича, черепицы, стекла, слюду, отходы шлаковаты и антрацита, гравий и другие материалы. Цвет и внешний вид декоративной штукатурки подбирают в соответствии с архитектурными требованиями. В фактурном слое применяют цветные цементы, а также свето- и щелочеустойчивые пигменты.

Штукатурные работы выполняет бригада поточно-расчлененным методом. Количество звеньев и их состав зависят от объема и срока строительства, вида и состояния оштукатуриваемой поверхности, наличия откосов, падуг, карнизов, вида механизмов, способа нанесения и обработки слоев штукатурки и т. д. Например, при высококачественной отделке кирпичных стен первое звено (два штукатура 2-го разряда) подготовляет поверхность к оштукатуриванию; второе (два штукатура 4-го разряда) провешивает поверхности и устраивает маяки; третье (штукатур 3-го разряда и моторист 4-го разряда) обслуживает растворонасос и транспортирует

раствор для сопловання; четвертое звено (два штукатура 3-го разряда и один 5-го разряда) наносит на стены механизированным способом раствор (обрызг, грунт и накрывочный слой) с разравниванием; пятое и шестое (в каждом по два штукатура 3-го и 4-го разрядов) оштукатуривают вручную поверхности стен в небольших помещениях, устанавливают вентиляционные решетки, ведут разделку углов; седьмое и восьмое звенья (такого же состава, как четвертое и пятое) заделывают и расшивают швы между панелями перекрытий; девятое звено (два штукатура 3-го и 4-го разрядов) устраивает оконные и дверные откосы.

При выполнении штукатурных работ в зимнее время необходимо соблюдать следующее: температура оштукатуриваемых поверхностей и воздуха в помещении должна быть не менее 5 °С, а применяемого раствора не менее 8 °С. Для создания положительной температуры в здании к началу штукатурных работ должны действовать система центрального отопления или применяться воздухонагреватели с термофильтрами или горелками инфракрасного излучения, а также электрические и огневые калориферы. При сушке штукатурки вентиляция должна обеспечить четырехкратный обмен воздуха в час.

Штукатурные работы в зимнее время целесообразно выполнять на растворах с противоморозными добавками: поташ (П), нитрит натрия (НН), нитрат кальция (НК) + мочевина (М), хлорид кальция (ХК) + хлорид натрия (ХН), ННХК, нитрит натрия (НН) + поташ (П). Их количество зависит от расчетной температуры твердения раствора.

Кирпичные стены, возведенные зимой по способу замораживания, разрешается оштукатуривать лишь после их оттаивания и осадки.

При необходимости подогрева раствора на рабочем месте до температуры 50...60 °С применяют бункера, оборудованные генераторами инфракрасных лучей.

Облицовка стен плитками. Для улучшения санитарно-гигиенических условий и архитектурного оформления специальных помещений в административных, культурно-бытовых, торговых, спортивных и жилых зданиях применяют керамические, стеклянные, каменные, полистирольные, поливинилхлоридные, террацевые и ксилолитовые плитки. Керамические облицовочные плитки имеют различную поверхность: плоскую, рельефную, орнаментованную, покрытую глазурями. Методом шелкографии на их поверхность наносят многоцветный рисунок.

Для внутренней отделки зданий используют стемалит (упрочненное стекло), травертин, лабрадорит, декоративно-акустические плиты из ячеистого газосиликатобетона, плиты из минеральных гранул «Акмигран», асбестоцементные листы, алюминиевые штампованные плиты, гипсовые перфорированные плиты АГШ, литые гипсовые плиты «Москва», «Мелодия» и др. Устройство подвесного потолка из плиток «Акмигран» показано на рис. 12.5.

Керамические глазурованные плитки изготовляют квадратные

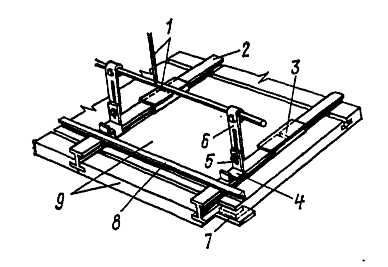


Рис. 12.5. Схема подвесного потолка из плиток «Акмигран»:

1 — стальной каркас; *2* — направляющие профили; *3* — соединительная скоба; *4* — регулировочная скоба; *5* — скоба подвески; *6* — подвеска; *7* — шпонка; *8* — гребенка-кондуктор; *9* — плитки «Акмигран»

(со стороной 100...150 мм), прямоугольные (шириной 50...75 мм, высотой 100...150 мм), угловые, плинтусные и карнизные. Стеклянные плитки применяют размером 150×150 мм, толщиной 8...12 мм, а полистирольные плитки — 100×100 и 150×150 мм, толщиной 1...1,5 мм.

До начала облицовочных работ стены должны быть очищены от пыли, наплывов раствора и жировых пятен. Имеющиеся неровности на поверхности стены с отклонением от вертикали более 15 мм выравнивают цементным раствором без затирки. Для лучшего сцепления облицовочных плиток с подготовленным основанием на его поверхности из раствора делают нарезку борозд, а на бетонных поверхностях — насечку.

Плитки крепят к облицовываемым поверхностям на цементном (1 : 4; 1 : 5) и смешанном (1 : 1 : 4; 1 : 0,5 : 4) растворах с толщиной слоя 7...15 мм, а на мастике — толщиной 1...3 мм. В соответствии с разбивкой в углах стены закрепляют марки из плиток, в плоскости которых по шнуру устанавливают все остальные плитки в ряду. По окончании работы в первом (нижнем) ряду точно так же поступают в последующих вышележащих рядах. При выполнении облицовочных работ плитки большей частью располагают горизонтальными рядами с перевязкой вертикальных швов или без нее, когда вертикальные швы совпадают друг с другом во всех рядах (на высоте стены или панели).

Для хорошего соединения с основанием цементный раствор равномерно распределяют по всей тыльной площади плитки. Мастику наносят сплошным тонким слоем (1...1,5 мм) как на плитку, так и на отделываемую поверхность. Если мастику наносят шпателем только на плитку, то толщину слоя принимают 2...3 мм.

Для облицовочных работ применяют также карбоксицементно-песчаную (КЦП) и поливинилацетатную (ПЦ) мастики, в которых не возникают усадочные трещины, а наклеенные плитки не отслаиваются. Мастику КПЦ приготовляют из 3 %-ного раствора клея КМЦ, портландцемента М400 и песка в соотношении (по массе) 1 : 1 : 3, а мастику ПЦ — из сухой смеси портландцемента с песком в соотношении 1 : 5 и 15 %-ного раствора эмульсии ПВА, пластифицированной дибутилфталатом. Указанные мастики с осадкой конуса 7...8 см получают при перемещении компонентов в растворосмесителе в течение 3...5 мин.

Для быстрого высыхания раствора или мастики швы в течение

суток оставляют открытыми, а затем заделывают цементным раствором с добавкой разбелителей (мраморной или известковой муки). В плоскости верха плиток швы затирают теркой, обитой губчатой резиной. Если поверхности облицовывают стеклянными плитками, то для лучшего соединения с цементным раствором или мастикой их тыльную сторону покрывают горячей битумной мастикой или жидким стеклом с посыпкой сверху крупнозернистым песком. При облицовке стен полистирольными плитками для их наклейки используют канифольные или синтетические мастики, которыми предварительно огрунтовывают их поверхности.

Для производства облицовочных работ применяют различные инструменты и приспособления: шаблоны для сортировки и раскладки плиток, нож с победитовой наплавкой для резки глазурованных плиток, захват для откалывания надрезанных полос плитки, шпатель-совок для нанесения мастики на поверхность стены, зубчатый шпатель для разравнивания слоя мастики, шпатель с резиновым наконечником для разравнивания уложенного слоя раствора и разделки швов, резиновый присос для подачи плиток, гидравлический уровень для разбивки горизонтальных рядов и другие инструменты.

12.3. Малярные и обойные работы

Общие сведения. По качеству окрашиваемой поверхности различают три вида малярных работ: *простая* окраска — для отделки поверхностей временных, подсобных, складских помещений и гаражей; *улучшенная* — для отделки жилых и гражданских зданий, подземных пешеходных переходов и транспортных пересечений в разных уровнях, *высококачественная* — для отделки зданий общественного и культурно-бытового назначения (театров, вокзалов, больниц, столовых, ресторанов, учебных, торговых, спортивных сооружений и т. д.).

Назначение малярных работ состоит в том, чтобы улучшить санитарно-гигиенические условия в помещениях, придать им красивый внешний вид, защитить металлические элементы зданий и сооружений от вредного влияния атмосферных осадков и коррозии, а деревянные — от увлажнения, гниения, коробления и возгорания. Малярные работы выполняют после окончания всех общестроительных, санитарно-технических, вентиляционных и специальных работ, за исключением циклевки и натирки паркета, а также настилки линолеума и прокладки открытой электропроводки. До начала малярных работ должны быть навешены, подогнаны и остеклены оконные переплеты, закреплены дверные наличники, плинтусы, закончено устройство встроенных шкафов и кухонного оборудования.

При выполнении малярных работ применяют водные и неводные составы из связующего, разбавителя или растворителя и пигментов. Роль связующего состоит в том, чтобы при высыхании создать на поверхности нерастворимую затвердевшую пленку, а разбавителя или растворителя — обеспечить красочному составу необходи-

мую вязкость. Связующим в водных составах являются: мездровый и костный клей, казеин, растительный крахмал, известь, цемент, калиевое жидкое стекло и др. В неводных окрасочных составах к связующим и пленкообразующим материалам относятся: натуральные и уплотненные олифы, а также масляные, безмасляные лаки и лаки, приготовленные на синтетических смолах.

Пигменты, придающие пленке необходимый цвет, должны быть свето-, щелоче- и кислотостойкими, обладать укрывистостью, нерастворимостью в воде, олифе и разбавителях. К пигментам природного происхождения относят: охру, умбру, мел и др., а к искусственным — окись хрома, ультрамарин, цинковые белила и др. Приготовление окрасочных составов, шпатлевок, грунтовок производят в централизованных, а также приобъектных механизированных колерных мастерских или в передвижных малярных станциях (например, ЦНИЛ-3, СО-115 и др.).

Подготовка поверхностей под окраску. Подготовка поверхности под окраску и состав выполняемых технологических операций зависят от вида окрашиваемой поверхности, окрасочного состава и качества получаемой поверхности.

Таблица 12.1. **Технологические операции, выполняемые при подготовке и окраске водными красками поверхностей внутри помещений**

Наим нование операций	Вид окраски										
	клеевая			известковая		казеиновая		силикатная	эмульсионная	цементная	полимерцементная
	простая	улучшенная	высококачественная	по штукатурке и бетону	по кирпичу и дереву	улучшенная	высококачественная				
Очистка	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сглаживание поверхности	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+
Расшивка трещин	—	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+
Смачивание водой	—	—	—	+	+	—	—	—	—	+	—
Первая огрунтовка	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
Частичная подмазка	—	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—
Шлифовка подмазанных мест	—	+	+	+	—	+	+	—	+	—	—
Первая сплошная шпатлевка	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Шлифовка	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Вторая шпатлевка	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Шлифовка	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Вторая огрунтовка	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Третья огрунтовка с подцветкой	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Окраска	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Торцевание	—	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—

Примечание. Знаком «+» обозначены операции, выполняемые при данном виде окраски.

При окраске поверхностей водными составами применяют клеевой, известковый и казеиновый окрасочный состав. В зависимости от качества окрашенной поверхности водными составами выполняют технологические операции в соответствии с табл. 12.1.

Влажность окрашиваемых оштукатуренных и бетонных поверхностей не должна быть более 8 %, а деревянных — 12 %. При большей влажности оштукатуренные, кирпичные или бетонные поверхности можно окрашивать известковыми, цементными красками и др.

Для хорошего соединения с основанием последующих наносимых отделочных слоев необходимо выполнить следующие подготовительные работы: очистить оштукатуренные поверхности от грязи, подтеков раствора, пыли и расшить имеющиеся трещины; на деревянных поверхностях вырезать сучки и засмолы, снять заусенцы, удалить необрезанные волокна; очистить металлические поверхности от пыли, грязи, раствора, ржавчины, окалины и масляных пятен.

По окончании подготовительных работ для придания окрашиваемой поверхности однородной впитывающей способности и обеспечения лучшего соединения с другими слоями наносят огрунтовку. Огрунтовку под клеевую окраску готовят из медного купороса, глинозема или алюмокалиевых квасцов. Для оштукатуренных стен и потолков используют купоросную грунтовку, которую хранят в стеклянной, эмалированной или деревянной посуде. Под силикатную окраску применяют грунтовку, приготовленную на жидком стекле с добавлением 10 % мела (к массе жидкого стекла), а под цементную окраску — грунтовку на цветных порошковых цементах. Все грунтовки (кроме купоросной) наносят на окрашиваемые поверхности краскопультами, а при малых объемах работ и в стесненных условиях — вручную.

Подмазку расшитых трещин в штукатурке производят пластичной гипсомеловой смесью, затворенной на 5 %-ном клеевом растворе или 10 %-ном растворе купоросной, квасцовой или глиноземной грунтовки. Для выравнивания и получения гладкой поверхности на стены и потолки механизированным и ручным способами наносят тонкий слой шпатлевки, которую после высыхания шлифуют. Под клеевую окраску шпатлевку приготовляют из 10 %-ного раствора животного клея — 1,5 л с использованием применяемой грунтовки — 7...10 л и с добавлением мела до получения пастообразной массы.

Окрасочный слой подбирают по рецепту в соответствии с заданным цветом «колерных книжек» и наносят краскопультами.

При неводной окраске состав технологических операций зависит от вида поверхности и качества ее обработки. В табл. 12.2 приведена последовательность выполнения по подготовке и окраске деревянных, оштукатуренных и металлических поверхностей.

Для беззатирочного накрывочного слоя штукатурки, а также для шпатлевки поверхностей стен под водные или же масляные составы применяют известково-зольную шпатлевку.

Таблица 12.2. **Технологические операции, выполняемые при подготовке и окраске поверхностей масляными, эмалевыми и синтетическими красками внутри помещений**

Наименование операций	Операции, выполняемые при окраске по					
	дереву		штукатурке		металлу	
	простая	улучшенная и высококачественная	простая	улучшенная и высококачественная	простая	улучшенная
Очистка	+	+	+	+	+	+
Сглаживание поверхности	—	—	+	+	—	—
Вырезка и заделка сучков и засмолов с расшивкой щелей	+	+	—	—	—	—
Расшивка трещин	—	—	+	+	—	—
Проолифка (огрунтовка)	+	+	+	+	+	+
Частичная подмазка с проолифкой подмазанных мест	+	+	+	+	+	+
Шлифовка подмазанных мест	+	+	+	+	+	+
Сплошная шпатлевка	—	+	—	+	—	+
Шлифовка	—	+	—	+	—	+
Огрунтовка	—	+	—	+	—	+
Флейцевание	—	+	—	+	—	—
Шлифовка	—	+	—	+	—	—
Первая окраска	+	+	+	+	+	+
Флейцевание	—	+	+	+	+	+
Шлифовка	—	+	—	+	—	—
Вторая окраска	+	+	+	+	+	+
Флейцевание или торцевание	—	+	+	+	—	—

Примечание. Знак «+» указывает, что данная операция выполняется, а знак «—» — не выполняется.

Сухая шпатлевка на основе синтетического пленкообразователя разработана Ленинградским технологическим институтом. Основное ее достоинство — отсутствие органических растворителей и безвредность, незначительное содержание пленкообразователя, небольшая усадка, возможно длительное хранение в готовом виде (в полиэтиленовых мешках).

Синтетическую шпатлевку КЛМ (НИИМосстроя) применяют для подготовки стен и потолков под окраску масляными, клеевыми, синтетическими и силикатными красками. Приготовляют ее в смесителе при постоянном перемешивании раствора клея КМЦ (натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы) и латекса с маслом. Полученную массу перемешивают с маслом и перетирают в краскотерке. Достоинства — она хорошо сцепляется с основанием, не дает усадки, трещин, вздутий или отслаиваний, легко наносится и удобна в работе.

Алкидно-стирольные краски, приготовленные на базе лакокрасочных материалов, применяют для отделки помещений. Ими окра-

шивают столярные изделия, дощатые полы, стены служебных и жилых помещений. Алкидно-стирольные краски высыхают не более чем через час, образуя прочную водо- и газонепроницаемую пленку с умеренным блеском. Применяют также безолифные шпатлевки: казеиновую, синтетическую водостойкую (СВШ), эмульсионную и ОКС (ВНИИНСМ), приготовляемую на основе кубовых остатков от ректификации сырого бензола коксохимического производства.

Полимерцементными составами производят бесштукатурную отделку стен без какой бы то ни было их подготовки под окраску. С помощью пистолета-распылителя, а также валика или кисти пастообразный полимерцемент толстым слоем наносят на поверхность, образуя декоративное покрытие наподобие линкруста.

Пылеотталкивающие краски применяют при отделке общественных зданий для борьбы с запылением стен.

Окраска фасадов. Для окраски фасадов зданий используют перхлорвиниловые, цементно-перхлорвиниловые (ЦПХВ), силикатные, казеиновые, известково-хлорокислые, цементные, известковые краски, водоэмульсионные и кремнийорганические эмали.

При окраске, например, *перхлорвиниловыми красками* бетонные, оштукатуренные и кирпичные поверхности очищают от пыли, грязи, затем грунтуют и окрашивают за два раза. При высококачественной окраске имеющиеся неровности и трещины в штукатурке, а также поверхности с грубой фактурой выравнивают шпатлевкой (перхлорвиниловый лак, мыльный раствор и мел). После высыхания шпатлевку шлифуют пемзой или наждачной бумагой. На окрашиваемую поверхность перхлорвиниловую краску наносят пистолетом-распылителем, а при незначительных объемах работ — валиком или кистью. Первый слой краски наносят после полного высыхания огрунтовки (через 2...3 ч при температуре более 15 °С), а второй — после высыхания первого слоя (через 4...6 ч при температуре более 15 °С и через 24 ч при температуре ниже 15 °С). Достоинство — при высыхании перхлорвиниловой краски на оштукатуренной поверхности образуется прочная водо-, морозо- и химически стойкая пленка (особенно в сухом и жарком климате). Такой краской можно окрашивать стены при отрицательной температуре (до —20 °С).

Фасады зданий окрашивают *цементно-перхловиниловой (ЦПХВ) окрасочной пастой* (ВНИИНСМ), наносимой на стены без предварительной шпатлевки (за исключением подмазки отдельных трещин, выбоин и раковин). Состоит она из пигментированной эмульсии и цемента, вводимого в нее на объекте. После тщательного перемешивания эмульсия процеживается и разбавляется водой до необходимой густоты. Цементно-перхлорвиниловая паста хорошо сцепляется с основанием, быстро высыхает и на поверхности стены образуется водо- и атмосферная пленка.

Силикатную краску наносят на оштукатуренные и кирпичные поверхности, мелкие блоки из пористого шлакобетона после предварительного их смачивания водой. Окраску панелей, крупных силикатных и шлакобетонных блоков производят после огрунтовки

их раствором жидкого стекла. Фасад окрашивают силикатной краской за два раза с помощью краскопульта-распылителя или валика. Наносят краску только на сухую поверхность при температуре воздуха 3...24 °С. Нельзя окрашивать стены при отрицательной температуре и в жаркую солнечную погоду.

Силикатные краски состоят из смеси пигментов, наполнителей, жидкого стекла (высокомодульный силикат калия) и небольшого количества химических добавок, предотвращающих преждевременное осаждение пигментов, наполнителей и устраняющих разнотонность отделки. На строительный объект их доставляют в виде сухой пигментированной смеси и концентрированного раствора жидкого стекла. Перед употреблением раствор жидкого стекла разводят водой с добавкой пигментной смеси. Приготовленную силикатную краску используют в течение 10...12 ч. После нанесения краски на поверхность процесс силикатизации ускоряется и через 4...6 ч образуется пористая стеклообразная масса. Покрытие из силикатной краски обладает долговечностью (до 20 лет), мало загрязняется пылью и стойко к действию агрессивной среды.

Краски *на основе эпоксидных смол* (НИИпластмасс и НИИМосстрой) используют для окраски фасадов. Состоят они из связующего материала, наполнителя, пигмента и растворителя (ацетона). Роль связующего материала выполняют эпоксидный компаунд, отвержденный полиэтиленполиамином, или эпоксидные смолы и низкомолекулярные полиамидные смолы. Наполнителями являются цемент, каолин, песок, маршалит и др. Приготовляют эпоксидный состав в смесителе на 5 ч работы. На окрашиваемую поверхность эпоксидный состав наносят методом распыления. Покрытия красками на основе эпоксидных смол обладают высокой механической прочностью, долговечностью и хорошей адгезией к основанию (штукатурке, бетону). Кроме того, они водонепроницаемы, атмосферо- и морозостойки.

Нитроглифталевыми составами и акрилатными красками, наносимыми на непросохшие основания без подмазки и шпатлевки, окрашивают поверхности стен фасадов.

Известково-хлорокислые и цементные покрытия фасадов являются более стойкими к атмосферным воздействиям, чем известковые. Известковую окраску применяют для отделки неоштукатуренных стен из кирпича и мелких блоков.

Окраску фасада выполняет комплексная бригада по поточно-совмещенному методу. Здание разбивают на захватки и работы ведут сверху вниз. В зависимости от длины, высоты здания и местных условий для окраски фасадов применяют инвентарные трубчатые леса, подвесные механизированные люльки ЛС-80-250, люльки с ручным приводом и телескопические вышки.

Механизмы, инструменты и инвентарь для производства малярных работ. Металлические конструкции и изделия очищают от грязи и ржавчины механическими стальными щетками, шарошками (рис. 12.6, *а*), пневматическими шпателями-скребками или пескоструйными аппаратами. Оштукатуренные поверхности сглаживают

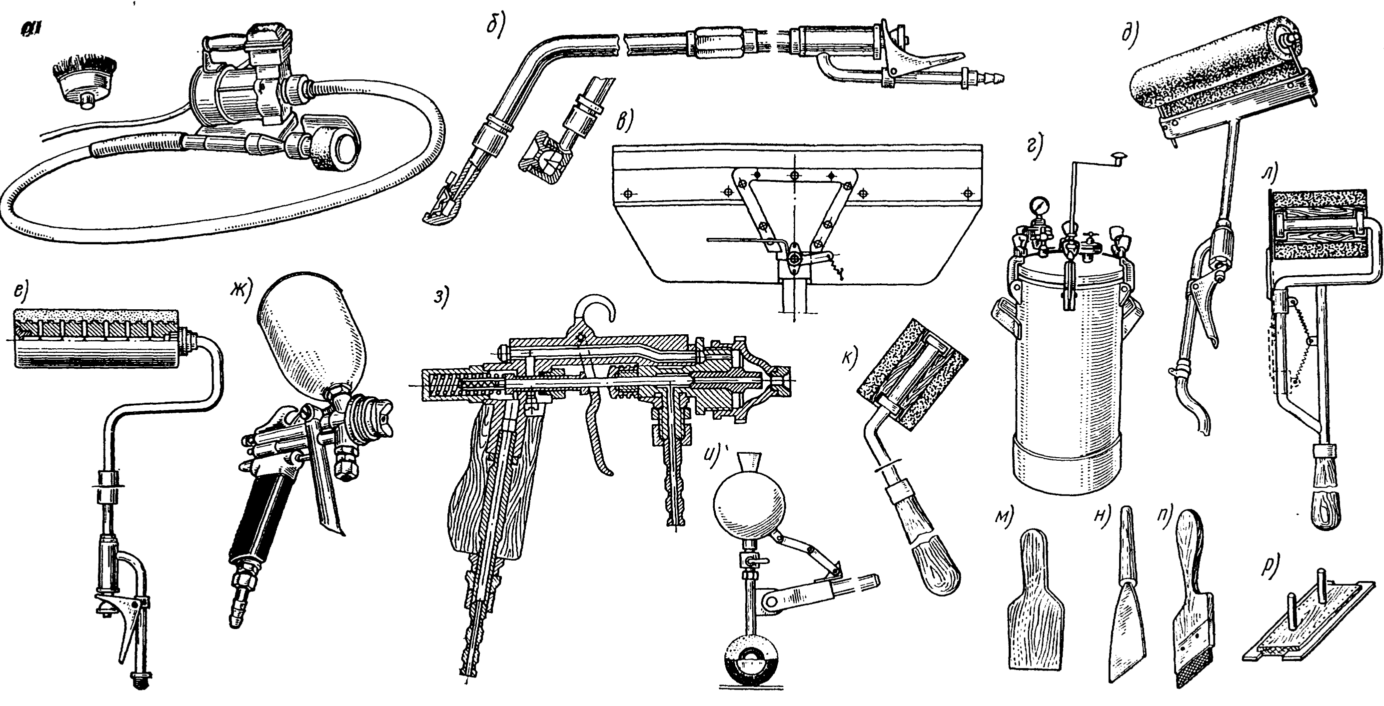


Рис. 12.6. Механизмы и приспособления для малярных работ

и зачищают шлифовальным механизмом, который состоит из электродвигателя небольшой мощности и вращающегося диска с закрепленной лещадью. Расшивку трещин в штукатурке производят стальным шпателем или малярным ножом.

Подмазанные и прошпатлеванные поверхности зачищают шлифовальными машинками. При ручной зачистке применяют приспособление, состоящее из пластмассовой пластины с укрепленным на ней листом наждачной бумаги.

Для уменьшения трудоемкости по нанесению шпатлевочного слоя используют механические шпатели двух систем: с воздушным распылением шпатлевочного состава в универсальной удочке (рис. 12.6, *б*) и с подачей шпатлевки непосредственно на шпатель под воздействием сжатого воздуха (рис. 12.6, *в*).

Для механизации малярных работ применяют: инвентарный пневмостояк для подачи сжатого воздуха от компрессора к красконагревательным бакам С-383А (рис. 12.6, *г*) или баком со шпатлевочным составом; универсальную удочку для нанесения шпатлевочных и окрасочных составов; валики с пневматической подачей окрасочных составов; пистолеты-распылители для окраски радиаторов и поверхностей в труднодоступных местах (встроенные шкафы, кухни, санузлы); компрессорные установки для транспортирования шпатлевочных и малярных составов; шпатели с резиновыми вставками.

Агрегат для приготовления и подачи шпатлевочных составов состоит из растворосмесителя, растворонасоса с вибраситом. Располагают его вблизи строящегося здания. На лестничной клетке монтируют пневмостояк из газовых труб диаметром 19 мм с поэтажными воздухоразборными кранами. Компрессор устанавливают снаружи дома, а зимой — на лестничной площадке. На лестничной площадке отделываемого этажа монтируют установку С-562А со спаренными бачками, в которые загружают шпатлевочный состав. Из бачка шпатлевочная паста подается под давлением сжатого воздуха 0,4 МПа по резиновому шлангу диаметром 12...16 мм к универсальной удочке. Состоит она из сменной латунной или капроновой форсунки, штанги, удлинителя и перепускного клапана. В зависимости от вязкости шпатлевочного или окрасочного состава форсунка снабжается набором насадок с различными диаметрами выходных отверстий. Например, при нанесении первого слоя шпатлевки принимают насадку с отверстием диаметром 5 мм, а второго — 2,5 мм. На стенах первый слой шпатлевки разравнивают ручными шпателями с резиновой вставкой, а на потолках — шпателями с удлиненной ручкой. Второй слой на стенах сглаживают шпателями или ручными поролоновыми валиками, а на потолках шпатлевку не сглаживают, а выполняют «под шагрень».

Механизированное нанесение шпатлевочного состава на стены и потолки можно производить и с помощью малярных станций МС-1 или передвижного шпатлевочно-окрасочного агрегата. Установка состоит из загрузочных баков для колеров и извести, бака для воды, растворосмесителя, двух растворонасосов с уравнитель-

ными бачками, компрессора с ресивером и краскотерки с виброситом. Приготовленную пластифицированную шпатлевочную пасту транспортируют к месту работы по горизонтали на 70...80 м и по вертикали на этажи (по металлическому закольцованному трубопроводу или резиновому шлангу) до 20 м. Поверхности потолков можно обрабатывать шпатлевочным составом, приготовленным на гипсополимерцементной мастике (ГПЦ).

Для клеевой окраски стен и потолков используют ту же универсальную удочку, но с насадкой, имеющей минимальное отверстие. Красконагнетательный бак (С-411 или С-383) устанавливают на лестничной площадке, а к нему с помощью резиновых шлангов подключают пневматические валики с наружной подачей окрасочного состава на чехол через плоские щетки (рис. 12.6, *д*) и с внутренней подачей через отверстия в питателе (рис. 12.6, *е*). Первый тип валика целесообразно применять при клеевой окраске поверхности стен, а второй — при окраске масляными и эмульсионными составами.

Проолифку, огрунтовку и окраску поверхностей производят прокатыванием пневматического валика снизу вверх и сверху вниз с перекрытием окрашенной полосы на 10...20 мм. При необходимости валики перемещают и в горизонтальном направлении. Количество поступающей олифы или краски на валик регулируется попеременным открыванием и закрыванием запорного клапана. Если окраска поверхностей производилась клеевыми составами, то в конце смены пневматические валики, шланги и бачки должны быть промыты водой.

Окрасочные составы можно наносить модернизированной удочкой с двумя форсунками (двухрожковая) конструкции Ерошина. Для нанесения окрасочных составов применяют электрокраскопульты СО-22, СО-61 и др. При отделке поверхностей с нанесением масляных, эмалевых, клеевых, нитрокрасок и шпатлевок используют пневматические пистолеты-краскораспылители. Пистолет-краскораспылитель О-31А (рис. 12.6, *ж*) обладает уменьшенным туманообразованием благодаря универсальной головке, образующей воздушную завесу вокруг факела. При больших объемах работ его подсоединяют к красконагнетательному баку, а при малых используют наливной стакан с краской, прикрепляемый к корпусу пистолета-распылителя.

Пистолет-краскораспылитель СО-87, СО-90 и НБ-3 со щелевой головкой (рис. 12.6, *з*). Из красконагнетательного бака красочный состав по резиновому шлангу поступает через форсунку в смесительную головку, где он смешивается с воздухом и в распыленном виде выходит через щелевую насадку.

При большом объеме малярных работ рационально применять окрасочные агрегаты безвоздушного распыления типа 2600Н и 7000Н. Они обеспечивают повышение производительности труда в 1,5...2 раза (до 1 тыс. м^2 окрашенной поверхности в смену), уменьшают расход лакокрасочных материалов на 20...30 % и создают более благоприятные санитарно-гигиенические условия труда.

Окраску полов масляными составами производят дважды с помощью механизированного валика (рис. 12.6, *и*) из поролона, к которому подается краска по трубопроводу из резервуара.

При выполнении малых объемов работ водно-меловые и водно-известковые красочные составы наносят ручным краскопультом СО-20А.

Окраску поверхностей в стесненных условиях производят с помощью комплекта ручных валиков шириной 500...250 мм со сменными чехлами из поролона или меха (цигейки) постоянного и переменного сечения с гладкой и профильной поверхностью (для окраски наличников, оконных рам и других изделий). Для повышения производительности и качества малярных работ на одной рукоятке закрепляется по два и три валика. На рис. 12.6, *к* показан валик с поролоновым чехлом для окраски радиаторов, а на рис. 12.6, *л* — валик с защитным приспособлением для окраски столярных изделий и фальцев остекленных рам. При работе с ручными валиками необходимо иметь ванночку с окрасочным составом. Равномерное смачивание чехла краской обеспечивается прокаткой валика по металлической сетке, расположенной в ванночке наклонно.

Нанесение и разравнивание шпатлевки вручную производят шпателями, которые бывают: деревянные (рис. 12.6, *м*), стальные (рис. 12.6, *н*) и с резиновым наконечником (рис. 12.6, *п*). На профилированные детали шпатлевку наносят резиновым шпателем или резиновой полоской. Для повышения производительности труда применяют резиновый шпатель-полутерок с двумя ручками (рис. 12.6, *р*) или широкий шпатель со сменным лезвием.

При производстве малярных работ маляры обеспечиваются инвентарными лестницами-стремянками (передвижными или складными), столиками, с которых ведут отделку потолков, верхней части стен и оконных переплетов.

Снизить затраты ручного труда позволяет мобильная малярная станция СО-115 (ВНИИСМИ), которая позволяет механизировать процессы приготовления, подачи и нанесения на обрабатываемую поверхность окрасочных материалов.

Обойные работы. В жилых домах поверхности стен и перегородок (кроме кухонь и санитарно-технических узлов) обычно оклеивают обоями. Это позволяет снизить трудоемкость отделки поверхностей и улучшить их внешний вид. В период эксплуатации здания при необходимости обои могут быть легко заменены на новые (без выполнения мокрых процессов, загрязняющих квартиру).

По качеству выпускаемые обои бывают простые, средней плотности, высшего качества и линкруст. В простых обоях рисунок наносят на бумагу без грунтующего покрытия, в обоях средней плотности — по загрунтованному основанию и более качественной бумаге. Обои высшего качества — тисненые, ковровые, фоновые, гобеленовые и бесшовные — изготовляют из плотной бумаги, на которую наносят общий грунт заданного фона с наложением на него нескольких рисунков различного цвета. Для отделки стен

в административных и культурно-бытовых зданиях применяют линкруст — тисненый материал, состоящий из бумажной или тканевой основы, на которую наносят цветную пластичную мастику из смол, масел и других неводных связующих с наполнителями. Наряду с указанными обоями используют текстовинит, древесные обои и поливинилхлоридную пленку на бумажной, тканевой основе и без нее. Пленку выпускают тисненую различной расцветки и фактуры. Моющиеся обои на основе пластмассовой пленки наклеивают на оштукатуренные поверхности и на листы сухой штукатурки. При оклейке оштукатуренных, бетонных и гипсовых поверхностей обоями, пленками и другими материалами должны быть выполнены технологические операции, предусмотренные табл. 9 и 10 СНиП III-21—73.

До начала отделки стен и перегородок выполняют подготовительные работы, состав которых зависит от вида поверхности и качества применяемых обоев. Оштукатуренные поверхности сглаживают, очищают от набелов, грязи, пыли, неровности подмазывают и шлифуют.

При окраске потолков, а также верхней части стен и перегородок (полоса шириной 100...150 мм) клеевая окраска попадает на плоскости, подлежащие оклейке обоями. Чтобы обеспечить хорошее соединение обоев с основанием, под их верхние и нижние концы, а также в углах комнат, по периметру окон и дверей, у отопительных приборов наносят кистью квасцовую грунтовку («отводка»). Для наклеивания обоев и макулатуры по оштукатуренным, бетонным, гипсобетонным и деревянным поверхностям применяют клеящие составы и мастики, указанные в табл. 8. СНиП III-21—73.

Оштукатуренные поверхности под пленочные обои подготовляют более тщательно. Кроме очистки и сглаживания их олифят, все щели и трещины промазывают известково-гипсовым раствором, шлифуют и шпатлюют. Когда шпатлевка высохнет, ее шлифуют наждачной бумагой, а затем грунтуют 30 %-ным водным раствором клея бустилат, приготовленного на основе латекса. Этот же клей наносят на полотнище обоев, после чего их наклеивают на прогрунтованную поверхность.

Простые и средней плотности обои с одной стороны обрезают и наклеивают внахлестку, а высококачественные и линкруст обрезают с двух сторон и наклеивают впритык. Для уменьшения трудозатрат обоями оклеивают и потолки, применяя клей КМЦ. Для обрезки обоев часто применяют обоерезку С-657 (рис. 12.7, *а*), рабочим органом которой являются два дисковых ножа, обрезающих кромки обоев. Далее обои разрезают по длине, подбирают по цвету и рисунку. Наклейку обоев начинают от наружных стен. Чтобы меньше был заметен шов, обрезанная кромка полотнища должна быть обращена к свету, падающему из окна, и наклеиваться на необрезанную кромку обоев.

В настоящее время нанесение клейстера на обои производят на специальном приспособлении со складным столиком *1* с ванночкой для клейстера *8* (рис. 12.7, *б*). Когда полотнище обоев протаски-

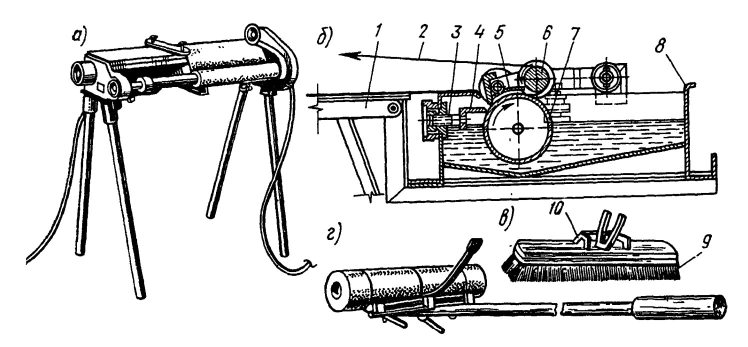


Рис. 12.7. Механизмы и приспособления для подготовки и наклейки обоев

вают под верхним валиком *6*, его резиновые кольца, расположенные на концах, начинают вращать нижний валик *7*, который и наносит клейстер на нижнюю плоскость полотнища *2*. Количество наносимого клейстера регулируется ограничителем *4* с винтом *3*. Прижатие полотнища к валику *7* обеспечивается откидной рамкой *5*. После протаскивания первой половины длины обоев под валиком *6* полотнище складывается вдвое смазанной частью внутрь, а после выхода из-под валика второй половины аналогично складывается нижняя часть полотнища. Подготовленное и смазанное клейстером полотнище с помощью щетки *9* с пружинным зажимом *10* (рис. 12.7, *г*) переносят к месту наклейки, прижимают к стене вверху и разглаживают щеткой сверху вниз. Применяя щетку-захват с длинной ручкой или поролоновый валик с пружинным захватом на дюралюминиевой рукоятке (рис. 12.7, *в*), можно наклеивать обои с пола, не пользуясь стремянкой.

При больших объемах работ для раскроя обоев способом перфорирования и обрезки кромок используют полуавтомат. Заготовленные централизованно на полуавтомате обои комплектуют по сериям домов на секции, квартиры, комнаты и доставляют на строительный объект в контейнерах автомобильным транспортом.

Поверхности стен и перегородок, подлежащие отделке линкрустом, подготовляют так же тщательно, как и при высококачественной их окраске масляными составами. Для лучшего соединения с основанием заготовленные листы линкруста опускают в горячую воду (50...60 °C) на 5...10 мин, после чего выдерживают их в раскатанном виде не менее 8...10 ч. Клейстер с добавкой до 10 % казеинового клея наносят как на подготовленное основание, так и на тыльную сторону линкруста.

Организация труда при выполнении отделочных работ и состав бригады зависят от объема и срока выполняемых работ, серии дома, вида и качества отделки поверхности, а также уровня механизации. Специализированные звенья в бригаде работают по поточно-расчлененному методу. При отделке поверхностей, например, внутри жилого дома в состав бригады входит шесть звеньев.

Первое и второе звено (в каждом по 6 человек) окрашивают поверхности клеевыми составами. Маляры 2-го разряда подготовляют поверхности под окраску, 4-го разряда грунтуют потолки удочкой и 3-го разряда грунтуют стены кистью. Когда грунтовка подсохнет, маляры 2-го разряда производят подмазку расшитых трещин, неровностей на потолках и стенах, шлифовку подмазанных мест. После шлифовки они второй раз грунтуют потолки удочкой, а маляры 3-го разряда грунтуют стены кистью. Маляры 4-го разряда на огрунтованные и просушенные поверхности наносят клеевой состав.

Третье и четвертое звено (такого же состава, как и первые два звена) окрашивают стены и столярные изделия масляными составами. Маляры 2-го разряда подготовляют поверхности к окраске. Оштукатуренные стены и перегородки сглаживают, очищают от пыли, грязи, расшивают трещины, проолифливают поверхности, подмазывают и шлифуют подмазанные места. В дощатых полах и столярных изделиях вырезают сучки, удаляют засмолы. Металлические поверхности очищают от ржавчины и грязи. Маляры 3-го разряда шпаклюют и огрунтовывают поверхности, а 4-го разряда окрашивают поверхности масляными составами. Пятое и шестое звено (по два маляра в каждом — 3-го и 4-го разрядов) оклеивают стены обоями.

12.4. Устройство полов

Общие сведения о пластмассовых материалах для полов. Полимерные изделия сочетают в себе легкость, прочность, эластичность и водонепроницаемость. Синтетические материалы для полов износоустойчивы, гигиеничны, легко моются, обладают химической стойкостью и хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами. Они позволяют значительно уменьшить трудоемкость и собственный вес перекрытия. Применяемые различные виды линолеума имеют поверхность, исключающую последующую обработку на строительном объекте.

Весьма перспективными являются линолеумы на тепло- и звукоизолирующей войлочной или синтетической пенистой подоснове, а также синтетические ковры на губчатой резине. Из такого вида линолеума сваривают ковры размером на комнату (бесшовные полы) и укладывают насухо (без приклеивания) по железобетонным панелям перекрытий без устройства дополнительных звукоизоляционных прослоек и стяжек.

Для устройства полов наша промышленность выпускает следующие рулонные материалы: глифталевый линолеум на тканевой основе; поливинилхлоридный (ПВХ) линолеум на тканевой основе, однослойный и многослойный безосновный, на тепло- и звукоизолирующей основе (войлочной или пористой); нитролинолеум безосновный; резиновый линолеум многослойный, на пористой основе; пергаминный линолеум; синтетическое ковровое покрытие. Линолеум выпускают в рулонах длиной 12...20 м, шириной 1...3 м (кратно 200 мм), толщиной 1,5...6 мм, массой 26...59 кг/м^2.

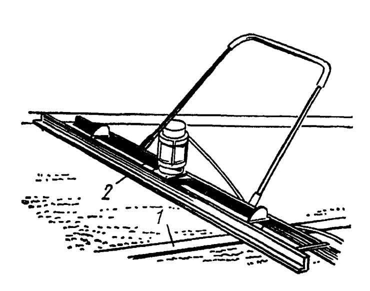


Рис. 12.8. Устройство монолитных и сборных стяжек под полы из пластмассовых материалов с помощью виброрейки С-810

Основания для полов из пластмассовых материалов. Внешний вид пола из синтетических материалов и срок его службы во многом зависят от качества устройства стяжки по тепло- и звукоизоляционному слою. Стяжка должна быть прочной и ровной. При наложении на стяжку рейки длиной 2 м просветы под ней не должны превышать 2 мм.

Звукоизоляционный слой целесообразно устраивать из сухого песка или шлака толщиной 40...60 мм. По сыпучему звукоизоляционному слою делают монолитную стяжку из пластичного или литого цементно-песчаного раствора состава 1 : 3 или 1 : 6 М75 или М100, керамзитобетона, шлакобетона или ксилолита М50 или М75.

Раствор на объект строительства доставляют с завода в готовом виде авторастворовозами, а к месту укладки транспортируют растворонасосом. В помещениях раствор для стяжки укладывают между маячными рейками *1*, в плоскости которых разравнивают и уплотняют правилом или виброрейкой *2* (рис. 12.8, *а*). Через сутки маячные рейки снимают, углубления заделывают раствором и поверхность поливают водой в течение 5...7 сут. Недостаток монолитной стяжки — трудоемкая и увлажняет звукоизоляционный слой, а при повышенной влажности стяжки происходит испарение воды с образованием на нижней поверхности линолеума (или клеящего слоя) конденсата, отрывающего его от основания. Поэтому для хорошего соединения покрытий полов из синтетических материалов влажность стяжки не должна превышать 4...6 %. В летних условиях при естественной сушке стяжка из цементного раствора высыхает за 7...14 сут до влажности 3...4,5 %. В зимний период необходимо применять искусственную сушку стяжки, используя для этого калориферы различных систем, плоские горелки инфракрасного излучения КТ-3, агрегаты ОП-7, ОП-100 и др. Если панели пола изготовлены из тяжелого бетона, то синтетические покрытия устраивают по утепляющей прослойке из твердых или полутвердых древесноволокнистых плит толщиной 8 мм. Если панели пола изготовлены из легких бетонов, то синтетические покрытия укладывают без утепляющей прослойки.

Монолитная стяжка может быть заменена сборными цементно-песчаными плитами размером 500×500×35 мм с трапецеидальным пазом и гребнем на боковых кромках. Такие плиты укладывают насухо по уплотненному звукоизоляционному слою толщиной 30...50 мм. Швы между плитами (не более 3 мм) заливают цементным раствором и после его твердения шлифуют мозаично-шлифовальной машиной. Имеющиеся выбоины, трещины и другие неровности на поверхности стяжки грунтуют и выравнивают с применением бе-

зусадочной шпатлевки, цементно-казеиновой, синтетической или полимерцементной шпатлевки. Цементно-казеиновую шпатлевку приготовляют из 1 ч. казеинового порошкообразного клея, 4 ч. по массе цемента с добавлением воды до получения пастообразной массы. Недостатки цементно-казеиновой шпатлевки — не обладает необходимой водостойкостью и мало устойчива против загнивания. Приготовлять ее необходимо на стройке, перед употреблением в дело.

Хорошее сцепление с бетонной, гипсобетонной и деревянной поверхностями (без их огрунтовки) обеспечивает синтетическая шпатлевка (КЛМ). При высыхании ее не образуются усадки, трещины, вздутия или отслаивания. Синтетическую шпатлевку приготовляют централизованно и хранят в герметической таре до месяца без потери качеств. Нанесенная на поверхность стяжки такая шпатлевка высыхает за 4 ч при температуре 18...20 °С.

Твердые древесноволокнистые и древесностружечные плиты являются лучшим основанием для покрытия пола из синтетических материалов. Они устраняют мокрые процессы, облегчают массу перекрытия, сочетают в себе функции звуко- и теплоизоляционного слоя, имеют гладкую поверхность, не требующую дополнительной обработки. Древесноволокнистые плиты наклеивают на огрунтованные панели железобетонных перекрытий на горячей битумной мастике.

Полы из рулонных пласмассовых материалов. Наклейку синтетических материалов на основание пола осуществляют посредством казеиновой и битумной мастики, а также мастики, приготовленной на основе синтетических смол и лаков.

Мастику на основе казеинового клея применяют для наклейки поливинилхлоридного и глифталевого линолеума. Для наклейки пергаминного линолеума и битумных плиток используют горячую битумную мастику (битум БН-V — 55 % по массе, битум БН-III — 30 % и асбест VII сорта — 15 %) при температуре 140... 160 °С, а также полугорячую битумную мастику того же состава, но остывшую до температуры 70...80 °С с добавлением в нее 10...15 % растворителя (керосина, солярового масла, уайт-спирита).

На холодной резинобитумной мастике «изол» наклеивают глифталевый и поливинилхлоридный линолеум, а также поливинилхлоридные, кумароновые, битумные и фенолитовые плитки. На объектах Главмосстроя для наклеивания линолеума, пластика, синтетических пленок применяют латексный клей «Бустилат».

Покрытия пола наклеивают на основание с использованием мастик, приготовленных на синтетических смолах. Канифольную мастику применяют для наклеивания поливинилхлоридного и глифталевого линолеума на тканевой основе и древесноволокнистых плит. Кумаронокаучуковую мастику КН-2 используют для наклеивания поливинилхлоридного безосновного линолеума, колоксиального, резинового линолеума, а также винилхлоридных, кумароновых и резиновых плиток.

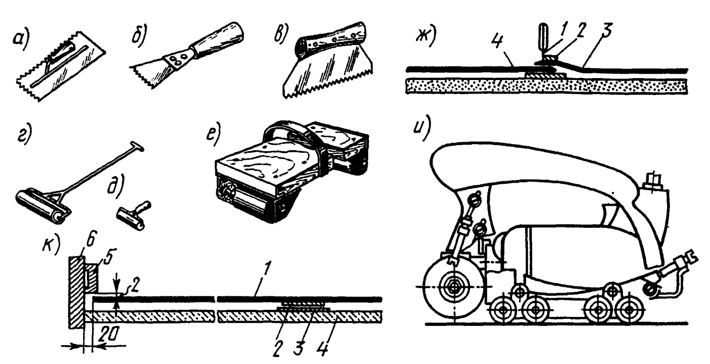


Рис. 12.9. Инструменты, приспособления и механизмы для устройства покрытий пола из линолеума

Линолеум в помещениях наклеивают после окончания всех строительных и отделочных работ. До наклейки рулонный линолеум раскатывают, нарезают необходимой длины с учетом припуска на усадку и в горизонтальном положении выдерживают в течение 5...4 сут. При длине полотнищ 6...10 м и более припуск на усадку принимают соответственно 30...40 и 50...60 мм.

Полотнища линолеума наклеивают по свету, т. е. вдоль комнат. В этом случае поперечные швы отсутствуют, а продольные становятся менее заметными. Перед наклейкой линолеума основание тщательно очищают от мусора и пыли с помощью пылесоса. Разложенные полотнища глифталевого и поливинилхлоридного линолеума на тканевой основе отгибают на половину его длины и мастику наносят на основание и тыльную сторону линолеума, оставляя при этом по периметру полотнища непромазанные полоски шириной 100...150 мм. Толщина слоя битумной мастики составляет 0,7...1 мм, а мастики на основе синтетических смол — 0,3...0,5 мм. Нанесение и равномерное распределение мастик на поверхности производят с помощью инструментов, показанных на рис. 12.9, *а, б, в*. Для удаления растворителя резинобитумную мастику выдерживают после ее нанесения 7...10 мин, а мастику на основе поливинилацетатной эмульсии — 2...3 мин. Полотнище с нанесенной мастикой укладывают на основание и приглаживают от середины к краям. Вторую половину полотнища обрабатывают аналогично.

Хорошее сцепление с основанием и равномерное распределение мастики обеспечивают прикаткой полотнища с помощью ручных катков массой 50 кг (рис. 12.9, *г*), валиков (рис. 12.9, *д*), ножных катков (рис. 12.9, *е*) и виброкатков С-661. Образовавшиеся вздутия ликвидируют путем прокола линолеума с наложением в этих местах груза на 2...3 сут.

На тыльную сторону резинового линолеума мастику наносят по всей длине полотнища и выдерживают в течение 4...20 ч, после чего наклеивают на подготовленное основание. При наклейке полотнища накладывают друг на друга с нахлесткой 10...15 мм. Когда усадка стабилизируется, производят точную прирезку кромок

смежных полотнищ *3, 4* линолеума ножом *1* вдоль линейки *2* (рис. 12.9, *ж*), дисковым электроножом ударного действия (ДЭНУ), вращательного действия (ДЭНВ), а также дисковым ножом-фрезой (рис. 12.9, *и*). Прирезанные кромки стыка слегка поднимают, на тыльную сторону линолеума и на основание наносят мастику, а сверху шов прикатывают ножным катком.

Без наклейки на основание укладывают не только синтетический ворсовый ковер на тепло- и звукоизоляционной подоснове, но и те виды линолеума, которые дают большую усадку, т. е. укорочение по длине и увеличение по ширине (релин, нитролинолеум, поливинилхлоридный безосновный линолеум). Поскольку такие материалы, как релин и нитролинолеум, нетермопластичны и швы их не свариваются, полотнища укладывают по способу «плавающего покрытия», т. е. без приклейки к основанию. Прирезанные кромки линолеума *1* наклеивают на полоску тканевого материала *2* (марли, мешковины и др.) шириной 60...80 мм (рис. 12.9, *к*). Для свободного перемещения линолеума по основанию *4* под полоску ткани подкладывают бумажную полосу *3* шириной 100...120 мм. Чтобы исключить коробление ковра линолеума, он не должен доходить до стены *6* на 20 мм. Между плинтусом *5* и верхей плоскостью линолеума оставляют зазор 2 мм.

В жилых и общественных зданиях полы устраивают из синтетических ворсовых ковров. Укладывают их насухо на любое жесткое и ровное основание: железобетонные панели перекрытий, цементную стяжку, древесностружечные плиты и др. Полотнища рулонного ковра раскатывают и нарезают по длине комнаты. Прирезку кромок в швах производят обычными ножницами по линиям, нанесенным на тыльной стороне подосновы. Смежные кромки соединяют друг с другом с помощью тканевой ленты шириной 60...80 мм. Для нанесения клея № 88 на поверхность ленты и торцы полотнищ под кромки линолеума подкладывают бруски 80×60 мм длиной 1 м. Через 2...3 мин после нанесения клея торцы полотнищ соединяют друг с другом и одновременно прижимают к тканевой ленте.

Для образования бесшовного коврового покрытия размером на комнату производят сварку кромок линолеума с использованием горячего воздуха, тока высокой частоты или инфракрасного излучателя типа «Пилад». Сваривать можно полотнища поливинилхлоридного линолеума, в котором содержится не менее 40 % по массе поливинилхлоридной смолы. При нагревании до температуры 200 °С такой материал переходит в вязкотекучее состояние, а при охлаждении снова затвердевает, приобретая первоначальную прочность.

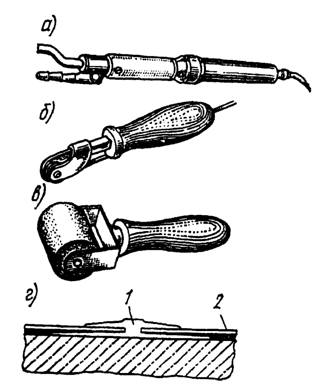


Рис. 12.10. Инструменты и приспособления для сварки линолеума горячим воздухом

При сварке линолеума горячим воздухом используют электроинструмент С-694 (рис. 12.10, *а*) в комплекте с трансформатором и компрессором. Электроинструмент состоит из корпуса *1*, внутри которого имеется керамический стержень со спиралью. Поступающий от компрессора сжатый воздух проходит через каналы керамического стержня и нагревается спиралью до 200...250 °С. Кромки полотнищ толщиной до 5 мм предварительно разделывают под углом таким образом, чтобы угол раскрытия был равен 55...60°. Для лучшего соединения полотнищ и более полного заполнения шва применяют присадочный пруток диаметром 2...3 мм или пруток треугольной формы со стороны 2...3 мм. Присадочный пруток должен иметь такой же цвет, как свариваемый линолеум, и содержать не менее 55 % поливинилхлоридной смолы. На высоте 5...6 мм от шва сварщик держит правой рукой электроинструмент, а левой — ролик с заправленным в него присадочным прутком (рис. 12.10, *б*). Наконечник инструмента устанавливают под углом 25...30° к поверхности пола. Выходящий из него горячий воздух оплавляет кромки линолеума и присадочный пруток, который заполняет шов. Электроинструмент и ролик с прутком равномерно передвигают вдоль свариваемого стыка со скоростью 25 см/мин. Для получения гладкой поверхности шва сверху его прикатывают металлическим роликом массой 250 г (рис. 12.10, *в*).

Сварку полотнищ в ковры размером на комнату выполняют в специализированных цехах или мастерских. В построечных условиях линолеум сваривают с помощью инфракрасных излучателей СО-104, «Пилад-220». В нем лучистая энергия направляется в зону разогрева от двух параболических отражателей, в фокусе которых установлены спирали, нагревающиеся до температуры 1000... 1100 °С. В дверных проемах (между смежными комнатами квартиры) затруднительно сваривать ковры линолеума. Поэтому вместо сварки применяют поливинилхлоридные порожки *1* НИИМосстроя (рис. 12.10, *г*). Кромки соединяемого ковра *2* свободно входят в пазы порожка и это исключает появление трещин от усадочных деформаций.

Полы из плиточных синтетических материалов. Для устройства покрытий полов в жилых домах, административных и культурно-бытовых зданиях применяют синтетические плитки различного цвета размером 300×300; 300×150 и 200×200 мм, толщиной 2; 2,5 и 3 мм. Изготовляют их на основе полимерных смол, пластификаторов, наполнителей и пигментов. В зависимости от применяемого связующего (полимерной смолы) синтетические плитки бывают: поливинилхлоридные, кумароновые, асбестокумароновые и резиновые.

Достоинства покрытий полов из плиток по сравнению с рулонными материалами — они дешевле, просто наклеиваются и при необходимости отдельные плитки могут быть легко заменены новыми без смены всего покрытия пола. С помощью плиток различного цвета покрытию пола можно придавать различные рисунки и тем самым улучшить оформление помещений. Полы из синтетиче-

ских плиток прочны, износоустойчивы, водостойки, эластичны, бесшумны и легко моются. Недостатки: наличие большого количества швов снижает гигиеничность и долговечность пола; они более чувствительны к дефектам устройства основания и качеству мастики; нарушение технологии наклейки приводит к отслоению отдельных плиток.

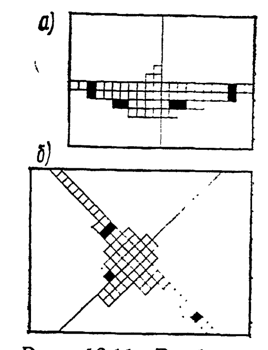


Рис. 12.11. Разбивка осей и порядок укладки плиток:

а — порядок укладки плиток прямоугольными рядами; *б* — порядок укладки плиток диагональными рядами

Наклеивают плитки на такие же основания, как и линолеум, при температуре в помещениях не менее 10 °С. Хорошее соединение с мастикой обеспечивается предварительным подогревом плиток до температуры 45...50 °С. Для этого используют различные источники теплоты: теплый воздух от электрокалорифера, электронагреватели с водяной или масляной рубашкой.

Плитки сортируют по размерам, цвету и укладывают в стопки. Для образования необходимых рисунков пола кроме прямоугольных плиток применяют трапециевидные и треугольные плитки. Обрезку плиток производят на верстаках с использованием параллельных и рычажных ножниц. До наклейки плиток осуществляют предварительную разбивку осей. При устройстве пола прямоугольными рядами оси проводят параллельно стенам и в центре помещения они пересекаются под прямым углом. Настилку плиток начинают от центра комнаты и ведут в направлении стен параллельно разбивочным осям (рис. 12.11, *а*). Если же плитки укладывают диагональными рядами, то в таком же направлении наносят на основание разбивочные оси, относительно которых и производят настилку пола (рис. 12.11, *б*).

Способ наклейки плиток на основание зависит от вида применяемой мастики и ведут «на себя» или «от себя». Горячие и полугорячие битумные мастики разравнивают по основанию тонким слоем зубчатым шпателем за 2...3 ч до приклейки плиток. По окончании твердения мастики производят разбивку осей. Разогретые плитки укладывают на твердую мастику, которая от их теплоты размягчается и вновь приобретает клеящие свойства. Хорошее соединение с основанием обеспечивается осаживанием плиток ударами резинового или капронового молотка с прикатыванием их металлическим валиком. Если поливинилхлоридные или кумароновые плитки наклеивают в холодном виде, то сверху их «проглаживают» электроутюгом. Поливинилхлоридные плитки наклеивают и на холодной резинобитумной мастике, наносимой на основание зубчатым шпателем толщиной 0,6...1 мм. Для того чтобы растворитель улетучился, нанесенную на основание мастику выдерживают в течение 7...10 мин.

Мастики, приготовленные на основе синтетических смол, наносят на основание под каждую плитку, а в некоторых случаях и

на тыльную сторону плитки. Мастику КН-2 наносят на основание сплошным слоем толщиной 0,5 мм и выдерживают для просушки в течение 4 ч (до отлипа). Затем мастику наносят на тыльную сторону плитки и после 5...8 мин выдержки наклеивают на основание.

Наливные бесшовные покрытия полов. Монолитные бесшовные полы применяют в лечебных, жилых, культурно-бытовых и общественных зданиях. В санитарно-гигиеническом отношении наливные полы, в которых отсутствуют швы, имеют преимущества перед другими полами.

Бесшовные полы в зависимости от вида применяемого синтетического вяжущего делят на три группы: поливинилацетатные, полимерцементные и на пластбетоне. В первой группе полов для их устройства используют поливинилацетатную мастику, состоящую из связующего (поливинилацетатной эмульсии), наполнителя (мелкодисперсного кварцевого песка, естественного маршалита крупностью 0,2...0,04 мм, молотого известняка или мрамора), красителя (охры, сурика железного, ультрамарина, мумии и др.) и воды. Для ускорения твердения и повышения прочности пленки в мастику добавляют портландцемент, а также карбамидные смолы с отвердителем — ортофосфорной кислотой, придающей плотность, упругость, долговечность и водостойкость. Из карбамидных смол применяют мочевино-формальдегидную (МФ), мочевино-фурфорольно-формадельгидную (МФФ) и др.

В зависимости от качества подготовки стяжки полы устраивают одно- и двухслойные. Однослойную поливинилацетатную мастику толщиной 1,5...2,5 мм наносят на тщательно подготовленную стяжку. В двухслойном покрытии первый слой устраивают толщиной 1,5...2 м, а второй лицевой слой — 1...1,5 мм. Для устройства первого слоя бесшовного пола используют поливинилацетатную мастику, которую перемешивают в растворосмесителе емкостью 40...80 л, перетирают в жерновой краскотерке О-59 или О-10А, а затем загружают в нагнетательный бак емкостью 80...150 л или в спаренный агрегат С-562 с компрессором. К агрегату подсоединяют удочку, с помощью которой мастика распыляется и наносится на основание. До нанесения мастики стяжку покрывают эмульсионной грунтовкой (1 мас. ч. эмульсии ПВА и 4 мас. ч. воды), выравнивают полимерцементной шпатлевкой за два раза и через 8...10 ч шлифуют. После удаления пыли поверхность снова грунтуют с помощью удочки-форсунки.

Наливной пол готов к эксплуатации через 6...7 сут. Для придания готовой поверхности пола блеска и водонепроницаемости сверху его покрывают пентафталевым лаком № 170 или смесью его с масляно-смоляным лаком 4-С (в соотношении 3:2). Через сутки после нанесения лака пол окончательно готов к эксплуатации.

Пластбетонные бесшовные покрытия полов устраивают из двух слоев специального состава, полученного на основе инден-кумароновой смолы, а также однослойные пластбетонные полы, изготовляемые на основе фенолоформальдегидной смолы марки Б.

Паркетные полы. Паркет применяют для устройства полов в жилых домах, культурно-бытовых и общественных зданиях. Достоинства паркетного пола — прочен, имеет красивый внешний вид, малую тепло- и звукопроницаемость. В уникальных зданиях полы из паркета набирают по рисунку с цветными оттенками различных пород дерева. Это позволяет придать помещению красивый внешний вид. Однако устройство паркетных полов трудоемко, дорого, а значительное количество швов в паркетных полах снижает их санитарно-гигиенические условия.

Полы из паркетных досок наиболее индустриальны и менее трудоемки (рис. 12.12, *а*). Изготовляют их двухслойными: на основание из сосновых реек толщиной 17 мм наклеивают паркетные планки *1* длиной 150 мм, шириной 20; 25 или 30 мм, толщиной 6 мм из твердых пород дерева и 8 мм из сосны и лиственницы. Чтобы исключить коробление нижнего щита при увлажнении, рейки *2* должны быть шириной 20...30 мм. При большей их ширине в рейках устраивают глубокие пропилы, не доходящие до верхней плоскости на 2...3 мм. Для паркетных досок применяют и реечное основание, в котором через 20...25 мм устраивают с двух сторон пропилы глубиной 8...10 мм. Каждая паркетная доска имеет два гребня *4* и два паза *3* (вдоль длинной и короткой сторон). Гребни одной доски

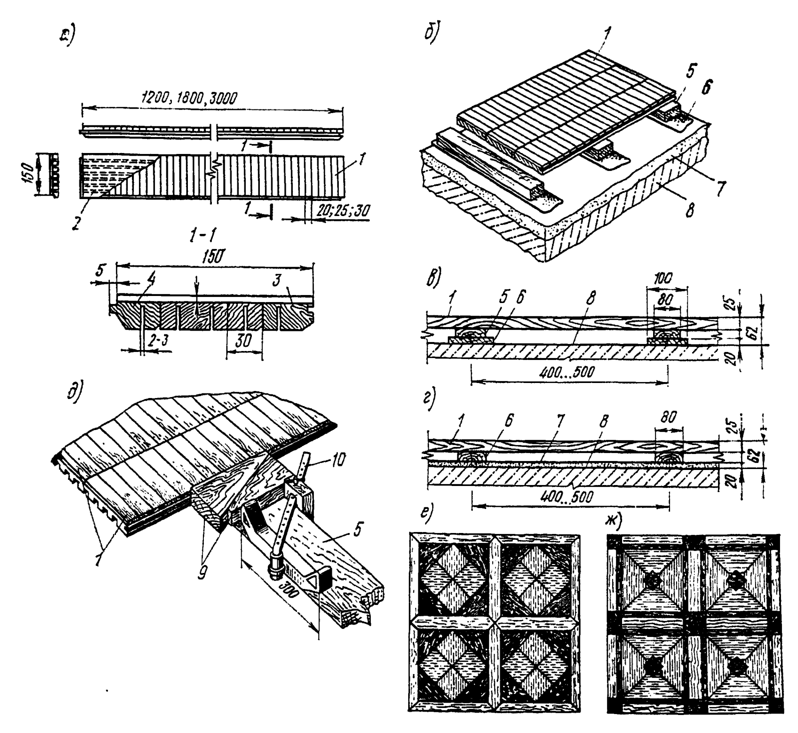


Рис. 12.12. Устройство пола с применением паркетных досок и щитов

входят в пазы другой и тем самым обеспечивают хорошее соединение друг с другом в одной плоскости (без взаимного провисания).

Паркетные доски *1* (рис. 12.12, *б*) прибивают к лагам *5* гвоздями (забитыми в паз под углом 45°). Лаги сечением 40×80 мм укладывают по сплошным прокладкам и древесноволокнистым плитам *6* шириной 100 мм. Для улучшения звукоизоляции междуэтажного перекрытия *8* лаги с прокладками располагают по слою песка *7* толщиной не менее 20 мм, влажностью не более 4 %. При толщине конструкции пола 60...65 мм паркетный пол устраивают без песчаного слоя (рис. 12.12, *в*), а в некоторых случаях и без прокладок древесноволокнистых плит (рис. 12.12, *г*).

Настилку паркетных досок производят в помещениях по свету, при температуре не ниже 8 °С и влажности воздуха не более 60 %. На выровненные лаги по уровню укладывают первую паркетную доску на расстоянии 10 мм от стены и прибивают к каждой лаге гвоздями длиной 60...70 мм, диаметром 2,5...3 мм. Последующие доски прикрепляют к ранее закрепленным с помощью клинового сжима *9* скобы *10* (рис. 12.12, *д*). Для подгонки и распиловки паркетных досок и лаг используют дисковую электропилу.

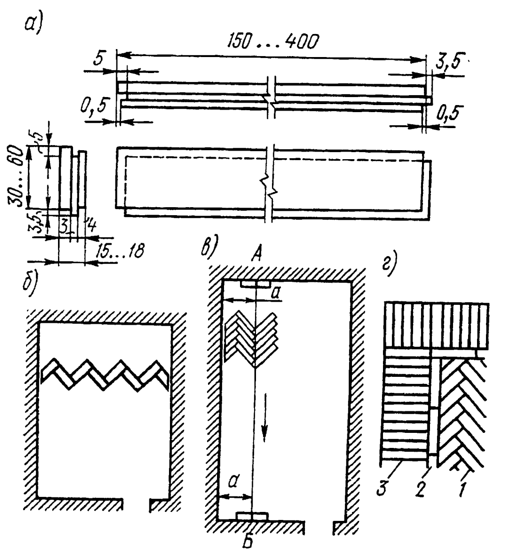


Рис. 12.13. Устройство пола из штучного паркета

Щитовой паркет применяют для устройства полов в монументальных общественных зданиях, музеях, театрах и ресторанах. В соответствии с заданным рисунком щиты размером 1×1; 1,2×1,2 или 1,4×1,4 м (рис. 12.12, *е, ж*) изготовляют в мастерских из двух слоев: основания — хвойные рейки с пропилами и покрытия из паркетных планок, наклеенных на основание синтетическим клеем. В качестве основания щитового паркета может быть использована водостойкая фанера толщиной 10...12 мм или твердые древесноволокнистые плиты. Щиты закрепляют к лагам гвоздями или шурупами.

Паркетные полы устраивают из штучных планок (рис. 12.13, *а*) шириной 30...60 мм (с градацией в 5 мм), длиной 150; 200; 250; 300 и 400 мм, толщиной 15 мм из твердых пород дерева и 18 мм из сосны и лиственницы. Основанием для штучного паркета является стяжка цементно-песчаная, из литого асфальта или асфальтобетона. Наибольшее применение находит цементно-песчаная стяжка,

устраиваемая по слою песка или шлака (аналогично наклейке линолеума). До настилки паркета поверхность цементно-песчаной стяжки грунтуют составом: 1 мас. ч. битума марки БН-III или БН-IV и 2...3 мас. ч. бензина или керосина. Асфальтобетонную стяжку устраивают под валек вручную, что затрудняет получение строго горизонтальной поверхности.

Штучный паркет наклеивают на огрунтованное основание с применением холодных и горячих мастик. Наибольшее применение находят холодные мастики, так как они безопасны в работе и дешевле. Приготовляют их на заводе и доставляют на строительный объект в готовом виде.

Горячую битумную мастику приготовляют с наполнителем и без него. В качестве комбинированного наполнителя применяют смесь волокнистого и пылевидного асбеста с влажностью не более 5 %. Пылевидного асбеста принимают 25...50 %, а волокнистого — 10...30 % от веса мастики, что зависит от качества наполнителя. Для приготовления горячей битумной мастики с наполнителем используют битум марки БН-III и БН-IV с температурой размягчения 60...65 °С, а без наполнителя — чистый нефтебитум с температурой размягчения 80...90 °С. Температура мастики в момент наклейки паркета должна быть не ниже 160...180 °С.

Настилку паркета выполняют с различным рисунком: в елку, квадратами, без фриза и с фризом. Для более экономного расходования планок паркета производят предварительную разбивку с раскладкой змеек насухо (рис. 12.13, *б*). При этом необходимо учитывать форму и размер помещения, подбирая клепки паркета такой длины и ширины, чтобы было меньше отходов. После разбивки натягивают шнур *А* — *Б* (рис. 12.13, *г*) в удалении от стены на расстоянии *а,* т. е. чтобы он прошел по вершине первой змейки. Первые два ряда паркетных планок называют маячной елкой, относительно которой производят настилку последующих рядов. Настилка паркета с фризом и линейкой *2* укрепляет крайние ряды паркета *1,* прилегающие к фризу *3.* На рабочее место паркетчика мастику доставляют в конических бачках с плотно закрывающейся крышкой. Затем ее наливают в лейку со сливным наконечником и далее разливают на основание, равномерно распределяют с помощью большой и малой зубчатой гребенки. Горячую мастику, поступающую на стройку в готовом виде, переливают в электротермос и хранят на рабочем месте, а на основание наносят с помощью мерного черпака. При отсутствии электротермоса мастику хранят в подогретом виде в электрованне.

Настилку паркета по деревянному основанию производят после соответствующей разбивки (аналогично тому, как при цементной стяжке).

Настилку паркета ведет звено из двух человек. Рабочий 2...3-го рязряда выполняет все подготовительные работы: удаляет мусор, пыль, подносит, сортирует и укладывают паркетные клепки по 4... 6 шт. вдоль фронта работы паркетчика. Рабочий 5...6-го разряда производит разбивку, разметку рисунка, фриза и настилает пар-

кет. По окончании настилки паркетный пол циклюют и шлифуют. Циклевку производят машиной с движущейся кардолентой, а шлифовку — машинами СО-60, С-1012, С-662 и СО-27. Для придания поверхности паркета блеска и водонепроницаемости производят его натирку восковыми материалами или покрытие лаком.

12.5. Охрана труда

Заготовку стекол необходимо производить в отдельном помещении на специальных столах, а обрезку складывать в ящик. Переносить оконное стекло следует в вертикальном положении в ящиках, а витринное — на лямках с прокладками. Запрещается одновременно выполнять стекольные работы на нескольких ярусах по высоте. Во время остекления переплетов на этажах должны быть приняты меры против падения инструментов, стекол и других предметов. Опасная зона (под рабочим местом стекольщика) внизу должна быть ограждена. Нельзя опирать приставные лестницы на стекла витрин или горбыльки переплетов. Если производят протирку или вставку наружных стекол, рабочие должны быть снабжены предохранительными поясами и привязаны.

Для выполнения штукатурных работ внутри помещений и установки лепных изделий необходимо применять подмости или передвижные столики, устанавливаемые на прочные основания. Лестницами-стремянками можно пользоваться лишь при выполнении штукатурных работ небольшого объема (в отдельных местах). Оштукатуривание фасадов зданий, тягу карнизов, поясков, установку различных архитектурных деталей следует производить с инвентарных лесов или передвижных башенных подмостей. Если оштукатуриваются только наружные оконные откосы, то эту работу необходимо выполнять с люлек или огражденных настилов, уложенных на пальцы, выпускаемые из оконных проемов.

В растворонасосе и цемент-пушке давление не должно превышать расчетное. Производить ремонт, разборку или чистку растворонасоса, цемент-пушки, форсунки, затирочных машин разрешается только после снятия давления и отключения их от электросети. Если продувку шланга производить сжатым воздухом, то из опасной зоны удаляют всех рабочих. Шланги растворопровода не должны перегибаться под острым углом и в виде петли. Штукатуру-сопловщику необходимо иметь защитные очки и звуковую или световую сигнализацию. При выполнении внутренних штукатурных работ напряжение во временной переносной электропроводке должно быть не более 36 В.

Запрещается заливать топливо в нефтегазовые калориферы в период их работы и применять легковоспламеняющееся топливо. Расстояние между газовым калорифером и газовым баллоном должно быть не менее 1,5 м, а от баллона до электропроводов, розеток и выключателей — не менее 1 м. Любой тип калорифера должен иметь устойчивое основание и постоянно находиться под присмотром.

Хлорированную воду приготовляют централизованно в специально оборудованном помещении вблизи от растворного узла либо на открытом воздухе на расстоянии не менее 0,5 км от жилых зданий. Хранят хлорированную воду в плотно закрывающейся таре. Рабочих, занятых приготовлением и применением хлорированных растворов, снабжают спецодеждой. Для оштукатуривания поверхностей внутри помещений нельзя применять хлорированные растворы, за исключением оштукатуривания ниш под радиаторы при наличии открытых окон.

Применяемые для окраски пневматические аппараты до начала работ должны быть испытаны на давление, в 1,5 раза превышающее рабочее. При окраске поверхностей с помощью пневматических аппаратов рабочих снабжают защитными очками, а при нанесении быстросохнущих лакокрасочных материалов, содержащих летучие растворители,— респираторами. Если малярные работы выполняют с применением составов, выделяющих вредные для здоровья людей летучие пары, то летом в помещениях необходимо открывать окна, а зимой включать вентиляцию с двукратным обменом воздуха в течение 1 ч. Запрещается пребывание людей более 4 ч в помещениях, в которых поверхности окрашены нитрокрасками. При устройстве грунтовок методом распыления, а также отделке поверхностей нитрокрасками и другими составами, выделяющими опасные летучие пары, необходимо принимать все меры против их самовозгорания или взрыва (запрещается курить в опасной зоне, производить работы, связанные с использованием огня). Во время окраски стен водными составами открытую электропроводку обесточивают.

В качестве растворителей нельзя применять бензол и этилированный бензин, а свинцовые белила не рекомендуется смешивать с другими красками.

Перхлорвиниловыми красками разрешается окрашивать фасады при температуре не выше 4 °С. Растворители и перхлорвиниловые лакокрасочные материалы необходимо хранить в специально предназначенных для этих целей огнестойких зданиях или сооружениях.

ЛИТЕРАТУРА

Азимов Ф. И. Торкретные работы. М., 1979.

Временная инструкция по проектированию стен сооружений и противофильтрационных завес, устраиваемых способом «стена в грунте». СН 477—75. М., 1976.

Гальперин М. И., Домбровский Н. Г. Строительные машины. М., 1985.

Гуревич Д. Е. Индустриализация строительства подземной части зданий. М., 1981.

Добронравов С. С., Сергеев В. П. Строительные машины. М., 1981.

Дубровин Е. Н. Жесткие покрытия городских улиц. М., 1971.

Инструкция по проектированию конструкций панельных жилых зданий ВСН 32—77, М., 1978.

Евдокимов Н. И., Мацкевич А. Ф., Сытник В. С. Технология монолитного бетона и железобетона. М., 1980.

Ерошевский М. И. Магистрали скоростного и непрерывного движения в городах. М., 1967.

Козловский А. С. Кровельные работы. М., 1969.

Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов в строительстве/*Семковский В. В.* и др. М., 1978.

Костерин Э. В. Основания и фундаменты. М., 1978.

Левин С. С., Капелевич Л. Х. Арматурные работы. М., 1973.

Линде Е. М. Паркетные работы. М., 1969.

Маковский Л. В. Городские подземные транспортные сооружения. М., 1979.

Машины, механизмы и оборудование для бетонных и железобетонных работ / Справочное пособие. М., 1974.

Машины для земляных работ / Справочное пособие по строительным машинам. М., 1981.

Передовые методы возведения подземных сооружений на застроенных территориях / *Воронков Р. В.* и др. Л., 1970.

Подземные сооружения, возводимые способом «стена в грунте»/*Зубков В. М.*, Л., 1977.

Проектирование организации производства строительно-монтажных работ в гражданском строительстве / *Косоруков И. И.* и др. М., 1980.

Смородинов М. И., Федоров Б. С. Устройство фундаментов и конструкций способом «стена в грунте». М., 1976.

Справочник строителя. Погрузочно-разгрузочные работы / Под ред. *Ряузова М. П.* М., 1980.

Строительство мостов / *Бобриков Б. В.* и др. М., 1978.

Технологическое обеспечение сборки зданий. / *Егнус М. Я.* и др. ЦНИИОМТП. М., 1979.

Технология строительного производства / *Атаев С. С.* и др. М., 1984.

Технология строительного производства / *Данилов Н. Н.* и др. М., 1977.

Технология строительного производства/*Литвинов О. О.* и др. Киев, 1985.

Технология строительного производства /*Смирнов Н. А.* и др. М., 1976.

Строительные нормы и правила. Ч. III. М., 1976—1981.

Строительство улиц и городских дорог. М., 1974.

Уплотнение грунтов обратных засыпок в стесненных условиях строительства. ЦНИИОМТП / *Тулаев А. Я.* и др. М., 1974.

Филиньев А. А., Кобринский Г. С. Стыки и детали крупнопанельных зданий с ограждающими конструкциями из ячеистых бетонов. М., 1979.

Харьковский Промстройпроект Госстроя СССР. Руководство по проектированию опускных колодцев, погружаемых в тиксотропной рубашке. М., 1979.

Швиденко В. И. Монтаж высотных зданий. Киев, 1977.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автогрейдер 110
Автобетононасос 291
армирование
— виды арматуры 273
— напряженное 286
— упрочнение стали 274—275
— электросварка арматуры 278—293
Бетонирование
— зимнее 346
— конструкций 330
— подводное 318
— охрана труда при бетонировании 360

Бетонная смесь
— приготовление 296
— транспортирование 298
— укладка 302
— комплексная механизация 325
— уплотнение бетона 306—308
— электропрогрев 352—354
— торкретирование 315
Бетоновоз 291
Бетононасос 291
Буровые работы 153
Бригада 16
Бригадный хозрасчет 16
Бутовая кладка 206
Бульдозер (планирование площадки) 110

Вакуумирование бетона 318
Вибропогружение свай 187
Виброуплотнение бетона 317
водоотлив
— водопонижением 57
— иглофильтрами 50
Выверка строительных конструкций 380—409
Выработка (строительного рабочего) 28

Гидроизоляция 423, 427
Гидромеханизация земляных работ 132—140
— грунта 136
— землесосным снарядом 137
грунт
— механизация земляных работ 82—94
— типы экскаваторов
— прямая лопата 81
— обратная лопата 84
— драглайн 90
— грейфер 92

Делянка 10
Добавки противоморозные 243—348
Дороги и транспорт 27

Закрепление грунтов
— искусственное 60—65
— механическое 67
Захватка 9, 431
Забой 85—87
Звенья каменщиков 232—234
Земляное полотно и земляное сооружение 30

Иглофильтры 260
Инструменты и приспособления 463

Кладка
— автоматизация и механизация 235
— армированная 215
— бутовая и бутобетонная 206—207
— декоративная 213
— инструменты и приспособления 223
— кирпичная 219—221
— в зимних условиях 234
— раствор для кладки 204—205
— рабочее место каменщика 232
— система перевязки 209
— способы укладки кирпича 213
Колодец опускной 344
Комплексная механизация 100, 146, 228
Кондуктор 373
Контейнеры и пакеты 224
Контроль качества бетона 314
Крепление вертикальных стен котлованов и траншей 72—74
Краны монтажные, выбор кранов 365
Кровли
— из асбестоцементных листов 439—440
— безрулонные мастичные 437
— из рулонных материалов 429—432
— черепичные 441—443

Леса и подмости 220—227

Монтаж
— жилых и гражданских зданий из панелей и блоков 349—412
— зданий способом подъема этажей и перекрытий 418—419
— мостов 385
— пешеходных переходов и коллекторов 389—395
— подпорных стенок 388
— транспортных пересечений 375—384
— монтажные краны (выбор кранов) 365

— механизация и автоматизация монтажных работ 407

Нагрев бетона
— инфракрасными лучами 350
— паропрогрев 352
— электропрогрев 354
Натяжение арматуры (упрочнение) 285—292
Норма
— времени 10
— выработки 10
— единые нормы и расценки на строительно-монтажные работы 11
— строительные нормы и правила (СНиП) 22
— нормирование тарифное 11

Облицовка стен
— плитками 455
— плитами «акмигран» 456
Обои 457
Окраска водными растворами 458
— механизированная 461—464
Опалубка 251—371
— катучая 267
— классификация 249
— надувная 271
— разборно-переставная 250
— скользящая 263
Оплата труда рабочих 13!
Основная документация для производства работ 22 (календарный график, технологическая карта)
Организация труда и рабочих мест 8—9
Основы НОТ в строительстве 15
Остекление
— технология 444—445
Отделка поверхностей листами гипсокартонными 441—447
Отказ сваи при забивке 184
Охрана труда в строительстве 153, 246, 259
Оштукатуривание поверхностей растворами 448—450
— с применением комплексной механизации 450—452

Пневмопробойники 134
Полы
— и основания для них 470
— из рулонных материалов 471
— из плиточных материалов 474—475
— инструменты и приспособления для устройства полов 472—473
— паркетные 477
— из досок и щитов и штучного паркета 478—480
Поточные методы 17—21
Производительность труда 11

Сваи
— виды свай 187—198
— оборудование для свайных работ 179
Сооружения пневматические 420
Способ продавливания грунта для прокладки труб 123
— проходки экскаваторов, бульдозеров 126
— термоса (твердения бетона) 347
Стабилизация грунтов 62
«Стена в грунте» (фундамент) 333
Стык панелей и герметизация их 400

Такелажные приспособления для закрепления и выверка конструкций 371—374
Технология устройства подземных сооружений 341—393
Торкретирование 315
Транспорт 37
— выбор 40
— специальный 45
Транспортировка грунта 97
Транспортировка и укладка бетонной смеси 298—306

Электроразогрев бетонной смеси 353
Электронагрев 354
Электросушение грунта 61

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Введение 4

Глава 1. **Основные положения, принятые в строительном производстве.** 7

1.1. Строительная продукция 7
1.2. Организация труда рабочих 8
1.3. Рабочее место, фронт работ и захватка 9
1.4. Нормирование и производительность труда 10
1.5. Формы оплаты труда рабочих 15
1.6. Основные принципы научной организации труда в строительстве . 16
1.7. Бригадный подряд и хозяйственный расчет в строительстве . . 17
1.8. Поточные методы в строительстве . . . .
1.9. Основная документация, необходимая для производства строительных работ 22
1.10 Основные мероприятия по снижению срока и стоимости строительно-монтажных работ 24
1.11. Основные положения по охране труда в строительстве 25

Глава 2. **Дороги и горизонтальный транспорт в строительстве** 27

2.1 Городские улицы 27
2.2. Выбор дорожных одежд городских улиц 29
2.3. Временные дороги 35
2.4. Транспорт в строительстве 37
2.5. Скорость сообщения городского транспорта и пропускная способность городских улиц 38
2.6. Выбор транспортных средств 41
2.7. Организация работы транспортных средств 42
2.8. Специальный транспорт 45
2.9. Охрана труда 48

Глава 3. **Земляные работы** 50

3.А. Общие сведения 50
3.1. Виды земляных сооружений 50
3.2. Основные правила возведения постоянных земляных сооружений 52
3.Б. Подготовительные и вспомогательные работы 54
3.3. Состав подготовительных и вспомогательных работ 54
3.4. Привязка и разбивка зданий и сооружений 55
3.5. Водопровод, водоотлив и искусственное понижение грунтовых вод 57
3.6. Стабилизация грунтов 62
3.7. Искусственное замораживание грунтов 65
3.8. Рыхление и уплотнение грунтов 66
3.9. Временное крепление вертикальных стенок траншей и котлованов . 72
3.В. Определение объемов земляных работ 74
3.10. Определение объемов земляных работ при планировке кварталов . 74
3.11. Определение объемов грунта насыпей и выемок в линейных сооружениях 79
3.12. Определение объемов грунта в котлованах 80
3.13. Распределение объемов грунта в квартале 81
3.Г. Механизированная разработка грунта 82
3.14. Общие сведения 82
3.15. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами 82
3.16. Разработка грунта многоковшовыми экскаваторами 94
3.17. Производительность экскаваторов 95
3.18. Транспортировка грунта 97
3.19. Разработка грунта скреперами 98
3.20. Разработка грунта бульдозерами 104
3.21. Разработка грунта автогрейдерами и грейдер-элеваторами . . . 110
3.Д. Подземные способы разработки грунта в городском строительстве 114
3.22. Общие сведения 114

3.23. Щитовая проходка 115
3.24. Способ продавливания 123
3.25. Бестраншейная прокладка трубопроводов способом прокола, вибропрокола и лидирующего прокола 126
3.26. Горизонтальное бурение 129
3.27. Пневмопробойники для устройства скважин 131
3.Е. Гидромеханизация земляных работ 132
3.28. Общие сведения 132
3.29. Разработка грунта гидромониторами 137
3.30. Разработка грунта землесосными снарядами. 141
3.Ж. Разработка грунта в зимних условиях . . . . . .
3.31. Предохранение грунта от промерзания 141
3.32. Рыхление и резание мерзлого грунта 143
3.33. Комплексная механизация при разработке грунта 146
3.34. Способы оттаивания мерзлого грунта 150
3.35. Охрана труда 153

Глава 4. **Буровые работы** 156
4.1. Общие сведения 156
4.2. Ударно-канатное бурение 156
4.3. Вращательное, ударно-вращательное и вибровращательное бурение 158
4.4. Термический, электрогидравлический и гидравлический способы устройства скважин 163
4.5. Охрана труда 165

Глава 5. **Взрывные работы** 165
5.1. Общие сведения 165
5.2. Средства взрывания 167
5.3. Размещение зарядов и способы их взрывания 170
5.4. Основы расчета зарядов 172
5.5. Охрана труда 174

Глава 6. **Свайные работы** 175
6.1. Общие сведения 175
6.2. Подготовка свай к погружению 176
6.3. Оборудование для погружения свай 180
6.4. Погружение свай ударным способом 182
6.5. Погружение свай вибропогружателями и вибромолотами 187
6.6. Погружение коротких свай вдавливанием и вибровдавливанием . . 188
6.7. Способы ускорения погружения свай 190
6.8. Погружение свай завинчиванием 193
6.9. Устройство набивных и буронабивных свай 195
6.10. Охрана труда 201

Глава 7. **Каменные работы** 202
7.1. Общие сведения 202
7.2. Основные правила разрезки каменной кладки 203
7.3. Растворы для каменной кладки 204
7.4. Бутовая кладка 206
7.5. Бутобетонная кладка 207
7.6. Тесовая кладка 208
7.7. Основные системы перевязки каменной кладки 209
7.8. Кладка стен с облицовкой 211
7.9. Декоративная кладка 213
7.10. Кладка арок и сводов 214
7.11. Армированная кладка. Устройство карнизов 215
7.12. Кирпичные стены облегченной конструкции 216
7.13. Кладка из керамических камней и мелких блоков 218
7.14. Подмости и леса 219
7.15. Инструменты и приспособления для каменной кладки 223
7.16. Транспортировка материалов 224
7.17. Устройство приобъектного склада кирпича 227

7.18. Организация труда каменщиков 227
7.19. Комплексный способ каменной кладки 229
7.20. Организация рабочего места каменщика и определение состава звена 232
7.21. Способы укладки кирпича 234
7.22. Механизация и автоматизация кирпичной кладки 235
7.23. Исследование основных направлений механизации и автоматизации процессов кирпичной кладки 236
7.24. Производство каменной кладки в зимних условиях 242
7.25. Охрана труда 246

Глава 8. **Бетонные и железобетонные работы** 248

8.А. Опалубочные работы 248
8.1. Общие сведения 248
8.2. Классификация опалубки 249
8.3. Разборно-переставная опалубка 251
8.4. Металлическая разборно-переставная и объемно-переставная опалубка 257
8.5. Скользящая (подвижная) опалубка 263
8.6. Горизонтально перемещаемая (катучая) опалубка 267
8.7. Другие разновидности опалубки 269
8.8. Охрана труда при производстве опалубочных работ 272
8.Б. Арматурные работы 273
8.9. Классификация арматуры 273
8.10. Упрочнение арматуры 274
8.11. Изделия из арматуры 275
8.12. Механизированное изготовление арматурных изделий 277
8.13. Электросварка арматуры 278
8.14. Арматурные работы при изготовлении напряженно-армированных конструкций 286
8.15. Способы натяжения арматуры 292
8.16. Охрана труда при производстве арматурных работ 294
8.В. Бетонные работы 296
8.17. Приготовление бетонной смеси 296
8.18. Транспортирование бетонной смеси 299
8.19. Укладка бетонной смеси 306
8.20. Уплотнение бетонной смеси 310
8.21. Вакуумирование бетонной смеси 312
8.22. Уход за бетоном. Контроль качества бетона 314
8.23. Торкретирование 315
8.24. Подводное бетонирование 318
8.25. Монолитные цементобетонные покрытия и основания проезжей части городских улиц 321
8.26. Комплексная механизация при устройстве асфальтобетонных покрытий на бетонном основании 325
8.27. Устройство по грунту монолитного железобетонного перекрытия путепровода 327
8.Г. Строительство городских подземных сооружений способом «стена в грунте» 329
8.28. Область применения способа «стена в грунте» и его достоинства . 329
8.29. Методика оценки эффективности различных способов строительства транспортных пересечений в разных уровнях 330
8.30. Технологическая схема выполнения всех процессов при возведении подземных сооружений способом «стена в грунте» 333
8.31. Выбор механизмов для разработки грунта способом «стена в грунте» 338
8.32. Назначение и требования, предъявляемые к бентонитовым (глинистым) растворам 340
8.33. Технология устройства подземных сооружений из сборных элементов с использованием способа «стена в грунте» 341
8.34. Опускные колодцы, погружаемые в тиксотропной рубашке . . . 344
8.Д. Производство бетонных работ в зимних условиях 346
8.35. Теоретические основы зимнего бетонирования 346
8.36. Способ термоса 347

8.37. Применение бетонов с противоморозными добавками 348
8.38. Термообработка бетона с применением генераторов инфракрасных лучей, индукционного способа и электротермоса 350
8.39. Электропрогрев бетона 354
8.40. Паропрогрев бетона 357
8.41. Другие способы производства бетонных работ в зимних условиях . 359
8.42. Охрана труда при производстве бетонных работ 360

Глава 9. **Монтажные работы** 361

9.А. Подготовительные и основные процессы 361
9.1. Общие сведения 361
9.2. Выбор монтажных кранов 365
9.3. Способы монтажа зданий и сооружений 370
9.Б. Монтаж городских инженерных сооружений 371
9.4. Такелажные приспособления и монтажная оснастка 371
9.5. Монтаж транспортных пересечений тоннельного типа в разных уровнях 375
9.6. Монтаж транспортных пересечений эстакадного типа 380
9.7. Монтаж эстакад и мостов с применением консольно-шлюзового крана 383
9.8. Монтаж мостов уравновешенно-навесным способом 385
9.9. Монтаж подпорных стенок 388
9.10. Монтаж подземных пешеходных переходов 389
9.11. Монтаж подземных коллекторов 392
9.12. Методика разработки часовых графиков монтажа сооружений с транспортных средств 394
9.13. Монтаж покрытий городских улиц из сборных железобетонных плит 396
9.В. Монтаж жилищно-гражданских зданий 399
9.14. Монтаж нулевых циклов для полносборных зданий 399
9.15. Монтаж надземной части панельных зданий 400
9.16. Технология герметизации и заделки стыков в панельных зданиях . 402
9.17. Пути дальнейшей механизации и автоматизации монтажных работ 407
9.18. Монтаж каркасно-панельных зданий 412
9.19. Монтаж крупноблочных зданий 414
9.20. Монтаж зданий из объемных блоков 416
9.21. Монтаж зданий способом подъема этажей и перекрытий . . . 418
9.22. Устройство пневматических сооружений 420
9.23. Охрана труда 421

Глава 10. **Гидроизоляционные работы** 423

10.1. Общие сведения 423
10.2. Оклеечная и окрасочная гидроизоляция 423
10.3. Разновидности гидроизоляции 425
10.4. Производство гидроизоляционных работ в зимних условиях . . . 427
10.5. Охрана труда 428

Глава 11. **Кровельные работы** 428

11.1. Общие сведения 428
11.2. Кровли из рулонных материалов . . . . 42[illegible]
11.3. Безрулонные кровли из мастичных материалов 437
11.4. Асбестоцементные кровли 439
11.5. Кровли из черепицы 441
11.6. Устройство деталей кровли из металлических листов 443
11.7. Охрана труда 443
Глава 12. **Отделочные работы** 444
12.1. Стекольные работы 444
12.2. Штукатурные и облицовочные работы 446
12.3. Малярные и обойные работы 457
12.4. Устройство полов 469
12.5. Охрана труда 481
Литература 483